



2633 #2
03/31/03

PATENT
Customer No. 22,852
Attorney Docket No. 4208.0142

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
)
Ippei SHAKE et al.)
)
Application No.: 10/091,575)
)
Filed: March 7, 2002)
)
For: OPTICAL WAVELENGTH)
DIVISION MULTIPLEX SIGNAL)
MONITORING APPARATUS)

Group Art Unit: 2633

Examiner: Unassigned

MAR 26 2003

Technology Center 2100

Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

Sir:

CLAIM FOR PRIORITY

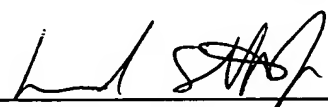
Under the provisions of Section 119 of 35 U.S.C., Applicants hereby claim the benefit of the filing date of Japanese Patent Application Number 2001-342257, filed November 7, 2001, and Japanese Patent Application Number 2001-064042, filed March 7, 2001, for the above identified United States Patent Application.

In support of Applicants claim for priority, certified copies of the priority applications are filed herewith.

Respectfully submitted,

FINNEGAN, HENDERSON, FARABOW,
GARRETT & DUNNER, L.L.P.

Dated: March 24, 2003

By: 
Leonard Smith, Jr.
Reg. No. 45,118

FINNEGAN
HENDERSON
FARABOW
GARRETT &
DUNNER LLP

1300 I Street, NW
Washington, DC 20005
202.408.4000
Fax 202.408.4400
www.finnegan.com



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2001年 3月 7日

RECEIVED

出 願 番 号
Application Number:

特願2001-064042

MAR 26 2003

Technology Center 2600

[ST.10/C]:

[JP 2001-064042]

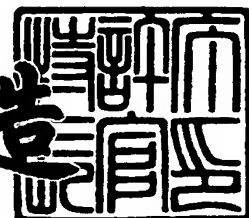
出 願 人
Applicant(s):

日本電信電話株式会社

2002年 3月22日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2002-3019994

【書類名】 特許願

【整理番号】 NTTH126413

【提出日】 平成13年 3月 7日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01R 13/14
G05D 25/00
G01J 3/00

【発明の名称】 光波長分割多重信号監視方法及び監視装置

【請求項の数】 14

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 社家 一平

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 高良 秀彦

【特許出願人】

【識別番号】 000004226

【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077481

【弁理士】

【氏名又は名称】 谷 義一

【選任した代理人】

【識別番号】 100088915

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部 和夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013424

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9701393

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光波長分割多重信号監視方法及び監視装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ビットレート f_0 (bit/s) の光信号が N 波長多重 (N は 2 以上の整数) された光波長分割多重信号を光波長分割分離する光波長分割分離工程と、

前記光波長分割分離工程で分割分離された N チャンネルの光波長分割分離信号を受光して電気強度変調信号に変換する光電変換工程と、

繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$: n, m は自然数、 a はオフセット周波数) のサンプリングクロックを発生するサンプリングクロック発生工程と、

前記光電変換工程で出力される前記 N チャンネルの電気強度変調信号を、前記サンプリングクロック発生工程で発生する前記サンプリングクロックによってサンプリングし、得られるサンプリング信号から光信号強度分布を求め、該光信号強度分布を基に前記 N チャンネルそれぞれについて光信号品質パラメータを評価する電気信号処理工程と

を有することを特徴とする光波長分割多重信号監視方法。

【請求項 2】 ビットレート f_0 (bit/s) の光信号が N 波長多重 (N は 2 以上の整数) された光波長分割多重信号を光波長分割分離する光波長分割分離工程と、

繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$: n, m 自然数、 a はオフセット周波数) のパルス幅がビットレート f_0 (bit/s) の光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を発生するサンプリング光パルス列発生工程と、

前記サンプリング光パルス列発生工程で発生した前記サンプリング光パルス列を N 系列に分波するサンプリング光パルス列分波工程と、

前記光波長分割分離工程で分離された N チャンネルの光波長分割分離信号と前記サンプリング光パルス列分波工程で分波された N 系列のサンプリング光パルス列を合波する光合波工程と、

前記光合波工程で合波された前記光波長分割分離信号と前記サンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起するN個の非線形光学媒質における非線形相互作用の結果により発生する相互相関光信号を前記光波長分割多重信号や前記サンプリング光パルス列から分波する光分波工程と、

前記光分波工程で分波された前記Nチャンネルの相互相関光信号を受光して電気強度変調信号に変換する光電変換工程と、

前記光電変換工程で変換された前記Nチャンネルの電気強度変調信号から光信号強度分布を求め、該光信号強度分布を基に該Nチャンネルのそれぞれについて光信号品質パラメータを評価する電気信号処理工程と

を有することを特徴とする光波長分割多重信号監視方法。

【請求項3】 繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$: n, m は自然数、 a はオフセット周波数) でパルス幅がビットレート f_0 (bit/s) の光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を発生するサンプリング光パルス列発生工程と、

ビットレート f_0 (bit/s) の光信号がN波長多重 (Nは2以上の整数) された光波長分割多重信号と前記サンプリング光パルス列発生工程で発生した前記サンプリング光パルス列とを合波する光合波工程と、

前記光合波工程で合波された前記光波長分割多重信号と前記サンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起する非線形光学媒質における非線形相互作用の結果により発生する前記相互相関光信号をNチャンネルに波長分割分離する光波長分割分離工程と、

前記光波長分割分離工程で分割分離された前記Nチャンネルの相互相関光信号を受光してNチャンネルの電気強度変調信号に変換する光電変換工程と、

前記光電変換工程で変換された前記Nチャンネルの電気強度変調信号から光信号強度分布を求め、該光信号強度分布を基に前記Nチャンネルのそれぞれについて光信号品質パラメータを評価する電気信号処理工程と

を有することを特徴とする光波長分割多重信号監視方法。

【請求項4】 ビットレート f_0 (bit/s) の光信号がN波長多重 (Nは2以上の整数) された光波長分割多重信号から任意の1チャンネルを選択し、光

波長分割分離する光波長選択工程と、

前記光波長選択工程で選択される波長を制御する選択波長制御工程と、

前記光波長選択工程で選択・分離された1チャンネルの光波長分割分離信号を受光して電気強度変調信号に変換する光電変換工程と、

繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$: n, m は自然数、 a はオフセット周波数) のサンプリングクロックを発生するサンプリングクロック発生工程と、

前記光電変換工程で出力される1チャンネルの電気強度変調信号を、前記サンプリングクロック発生工程での前記サンプリングクロックによってサンプリングし、得られるサンプリング信号から光信号強度分布を求め、該光信号強度分布を基に光信号品質パラメータを評価する電気信号処理工程と

を有することを特徴とする光波長分割多重信号監視方法。

【請求項5】 ビットレート f_0 (bit/s) の光信号が N 波長多重 (N は2以上の整数) された光波長分割多重信号から任意の1チャンネルを選択し、光波長分割分離する光波長選択工程と、

前記光波長選択工程で選択される波長を制御する選択波長制御工程と、

繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$: n, m は自然数、 a はオフセット周波数) でパルス幅がビットレート f_0 (bit/s) の光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を発生するサンプリング光パルス列発生工程と、

前記光波長選択工程で選択・分離された1チャンネルの光波長分割分離信号と前記サンプリング光パルス列発生工程で発生する前記サンプリング光パルス列とを合波する光合波工程と、

前記光合波工程で合波された前記光波長分割分離信号と前記サンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起する1個の非線形光学媒質における非線形相互作用の結果により発生する相互相関光信号を、前記光波長分割分離信号や前記サンプリング光から分波する光分波工程と、

前記光分波工程で出力する前記1チャンネルの相互相関光信号を受光して電気強度変調信号に変換する光電変換工程と、

前記光電変換工程で得られる前記1チャンネルの電気強度変調信号から光信号強度分布を求め、該光信号強度分布を基に光信号品質パラメータを評価する電気信号処理工程と

を有することを特徴とする光波長分割多重信号監視方法。

【請求項6】 ビットレート f_0 (bit/s) の光信号が N 波長多重 (N は2以上の整数) された光波長分割多重信号を光波長分割分離する光波長分割分離手段と、

前記光波長分割分離手段により分割分離された N チャンネルの光波長分割分離信号を受光して電気強度変調信号に変換する N 個の光電変換手段と、

繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a : n, m$ は自然数、 a はオフセット周波数) のサンプリングクロックを発生するサンプリングクロック発生手段と、

前記 N 個の光電変換手段から出力される前記 N チャンネルの電気強度変調信号を、前記サンプリングクロック発生手段により発生する前記サンプリングクロックによってサンプリングし、得られるサンプリング信号から光信号強度分布を求め、該光信号強度分布を基に前記 N チャンネルそれぞれについて光信号品質パラメータを評価する電気信号処理手段と

を有することを特徴とする光波長分割多重信号監視装置。

【請求項7】 ビットレート f_0 (bit/s) の光信号が N 波長多重 (N は2以上の整数) された光波長分割多重信号を光波長分割分離する光波長分割分離手段と、

繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a : n, m$ 自然数、 a はオフセット周波数) のパルス幅がビットレート f_0 (bit/s) の光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を発生するサンプリング光パルス列発生手段と、

前記サンプリング光パルス列発生手段から発生した前記サンプリング光パルス列を N 系列に分波するサンプリング光パルス列分波手段と、

前記光波長分割分離手段によって分離された N チャンネルの光波長分割分離信号と前記サンプリング光パルス列分波手段によって分波された N 系列のサンプリン

グ光パルス列を合波するN個の光合波手段と、

前記光合波手段で合波された前記光波長分割分離信号と前記サンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起するN個の非線形光学媒質と、

前記非線形光学媒質における非線形相互作用の結果により発生する相互相関光信号を前記光波長分割多重信号や前記サンプリング光パルス列から分波するN個の光分波手段と、

前記光分波手段により分波された前記Nチャネルの相互相関光信号を受光して電気強度変調信号に変換するN個の光電変換手段と、

前記光電変換手段で変換された前記Nチャネルの電気強度変調信号から光信号強度分布を求め、該光信号強度分布を基に該Nチャネルのそれぞれについて光信号品質パラメータを評価する電気信号処理手段と

を有することを特徴とする光波長分割多重信号監視装置。

【請求項8】 繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$: n, m は自然数、 a はオフセット周波数)でパルス幅がビットレート f_0 (bit/s)の光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を発生するサンプリング光パルス列発生手段と、

ビットレート f_0 (bit/s)の光信号がN波長多重(Nは2以上の整数)された光波長分割多重信号と前記サンプリング光パルス列発生手段で発生した前記サンプリング光パルス列とを合波する光合波手段と、

前記光合波手段で合波された前記光波長分割多重信号と前記サンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起する非線形光学媒質と、

前記非線形光学媒質における非線形相互作用の結果により発生する前記相互相関光信号をNチャネルに波長分割分離する光波長分割分離手段と、

前記光波長分割分離手段により分割分離された前記Nチャネルの相互相関光信号を受光してNチャネルの電気強度変調信号に変換するN個の光電変換手段と、

前記光電変換手段により変換された前記Nチャネルの電気強度変調信号から光信号強度分布を求め、該光信号強度分布を基に前記Nチャネルのそれぞれについて光信号品質パラメータを評価する電気信号処理手段と

を有することを特徴とする光波長分割多重信号監視装置。

【請求項 9】 ビットレート f_0 (bit/s) の光信号が N 波長多重 (N は 2 以上の整数) された光波長分割多重信号から任意の 1 チャンネルを選択し、光波長分割分離する光波長選択手段と、

前記光波長選択手段によって選択される波長を制御する選択波長制御手段と、

前記光波長選択手段によって選択・分離された 1 チャンネルの光波長分割分離信号を受光して電気強度変調信号に変換する 1 個の光電変換手段と、

繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$: n, m は自然数、 a はオフセット周波数) のサンプリングクロックを発生するサンプリングクロック発生手段と、

前記光電変換手段から出力される 1 チャンネルの電気強度変調信号を、前記サンプリングクロック発生手段の前記サンプリングクロックによってサンプリングし、得られるサンプリング信号から光信号強度分布を求め、該光信号強度分布を基に光信号品質パラメータを評価する電気信号処理手段と

を有することを特徴とする光波長分割多重信号監視装置。

【請求項 10】 ビットレート f_0 (bit/s) の光信号が N 波長多重 (N は 2 以上の整数) された光波長分割多重信号から任意の 1 チャンネルを選択し、光波長分割分離する光波長選択手段と、

前記光波長選択手段によって選択される波長を制御する選択波長制御手段と、

繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$: n, m は自然数、 a はオフセット周波数) でパルス幅がビットレート f_0 (bit/s) の光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を発生するサンプリング光パルス列発生手段と、

前記光波長選択手段によって選択・分離された 1 チャンネルの光波長分割分離信号と前記サンプリング光パルス列発生手段から発生する前記サンプリング光パルス列とを合波する光合波手段と、

前記光合波手段で合波された前記光波長分割分離信号と前記サンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起する 1 個の非線形光学媒質と、

前記非線形光学媒質における非線形相互作用の結果により発生する相互相関光信号を、前記光波長分割分離信号や前記サンプリング光から分波する 1 個の光分

波手段と、

前記光分波手段から出力する前記 1 チャンネルの相互相関光信号を受光して電気強度変調信号に変換する 1 個の光電変換手段と、

前記光電変換手段から得られる前記 1 チャンネルの電気強度変調信号から光信号強度分布を求め、該光信号強度分布を基に光信号品質パラメータを評価する電気信号処理手段と

を有することを特徴とする光波長分割多重信号監視装置。

【請求項 1 1】 前記電気信号処理手段は、光信号受信端局に配置されて、ある光ノードの光信号送信端局と他の光ノードの光信号受信端局間の光信号経路を伝送した光信号の信号対雑音比係数を測定する信号対雑音比係数測定部と、システム導入時にあらかじめ障害がない状態に前記信号対雑音比係数測定部で測定した信号対雑音比係数を記憶する初期状態記憶部と、

システム運用時において一定の時間間隔で前記信号対雑音比係数測定部で測定して得られる信号対雑音比係数の値を導入時に前記初期状態記憶部に記憶した信号対雑音比係数の値と比較する光信号品質評価部とを有し、

光信号変調形式・フォーマット・ビットレートに無依存なアナログ監視をすることを特徴とする請求項 6 ないし 1 0 のいずれかに記載の光波長分割多重信号監視装置。

【請求項 1 2】 前記信号対雑音比係数測定部は、

クロック周波数 f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M) f_0 + a$ 、 N 、 M は正数、 a はオフセット周波数) で前記電気強度変調信号の強度をサンプリングすることによって、光信号の強度分布を測定する光信号強度分布測定手段と、

ある平均時間内の前記光信号強度分布から得られる振幅ヒストグラムを用いて信号対雑音比係数を評価する信号対雑音比係数評価手段と

を有することを特徴とする請求項 1 1 に記載の光波長分割多重信号監視装置。

【請求項 1 3】 前記信号対雑音比係数評価手段は、

ある平均時間内の前記光信号の強度分布から振幅ヒストグラムを求めるヒストグラム評価手段と、

あらかじめ定めた強度しきい値 (A) よりも高い前記振幅ヒストグラム部分か

ら「レベル1」に相当する振幅ヒストグラム分布関数 g_1 を推定し、別途定めた強度しきい値 (B) よりも低い前記振幅ヒストグラム部分から「レベル0」に相当する振幅ヒストグラム分布関数 g_0 を推定する分布関数評価手段と、

「レベル1」と「レベル0」のそれぞれの平均値強度と標準偏差値を前記振幅ヒストグラム分布関数 g_1 及び g_0 からそれぞれ求め、「レベル1」と「レベル0」のそれぞれの平均値強度の差と、「レベル1」と「レベル0」のそれぞれの標準偏差値の和の比として得られる信号対雑音比係数を評価する光信号品質評価手段と

を具備することを特徴とする請求項12に記載の光波長分割多重信号監視装置

【請求項14】 前記分布関数評価手段は、被測定光信号の強度分布から得られる前記振幅ヒストグラムから2つの極大値を求め、振幅強度の高い方を前記強度しきい値 (A) とし、低い方を前記強度しきい値 (B) とすることを特徴とする請求項13に記載の光波長分割多重信号監視装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光波長分割多重信号監視方法及び光波長分割多重信号監視装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

波長分割多重 (WDM ; Wavelength Division Multiplexing) は、一本の光ファイバ中に、異なるキャリア光波長を有する複数の光信号チャネル (以下、WDMチャネルと称する) を多重して伝送するものであり、伝送容量拡大に有用な技術である。従来、このWDM技術において信号監視装置の代表的なものには次のものがある。すなわち、

従来の第1例 : WDMチャネルごとに、Synchronous Optical Network (SONET) / Synchronous Digital Hierarchy (SDH) 伝送方式 (参考文献 [1] : SDH伝送方式、河西他、オーム社) において定められたオーバーヘッドを

用いて、Bit Interleaved Parityと呼ばれるパリティ検査を中継器間や多重化端局相互間でそれぞれ実施して、故障区間の同定と切替起動信号を得る。

従来の第2例：光スペクトルを観測し、光信号対雑音強度比を監視することにより、WDMチャネルごとの信号品質劣化を測定する。

【0003】

図6に従来の第1例の波長分割多重信号監視装置の構成を示す。この従来例の信号監視装置は、ビットレート f_0 (bit/s) の光信号がN波長多重 (Nは2以上の整数) された光波長分割多重信号を光波長分割分離する光波長分割分離部61と、光波長分割分離部61で分割分離されたNチャンネル (Nは2以上の複数) の光波長分割分離信号を処理するN個の電気信号処理部62を有する。各電気信号処理部62は光电変換部 (受信回路) 63、クロック抽出部 (クロック抽出回路) 64、およびパリティ検査回路または照合回路からなる誤り検出部65を含む。この従来の第1例では、WDMチャネルごとの信号ビットレートの増大や信号形式の多様化が起きると、対象とする信号のビットレートや信号形式や変調形式 (NRZ (Non Return to Zero) またはRZ (Return to Zero)) ごとに、それに応じた受信系 (電気信号処理部64) が必要となる上、WDMチャネル数がN倍に増大するとそれらの受信系がN個ずつ必要となり、装置規模が極端に増大してしまう。

【0004】

図7に従来の第2例の波長分割多重信号監視装置の構成を示す。この従来例の信号監視装置は、光波長分割分離信号の光スペクトルを観測し、光信号対雑音強度比を監視することにより、WDMチャネルごとの信号品質劣化を測定するための光スペクトラムアナライザ63を有する。この従来の第2例では、光の信号対雑音強度比が解るだけで、光ファイバ中の波長分散による波形劣化や偏波分散による波形劣化などによる伝送劣化を検出できない、ビット誤り率を直接反映しないという問題がある。

【0005】

図8は、従来の第3例の波長分割多重信号監視装置の構成を示す。この従来例の信号監視装置は、1波長の光波長分割分離信号を電気強度変調信号に変換する

光電変換部 6 4、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$: n, m は自然数、 a はオフセット周波数) のサンプリングクロックを発生するサンプリングクロック発生部 6 6、および電気信号処理部 6 7 を有する。電気信号処理部 6 7 は、光電変換部 6 4 から出力される電気強度変調信号を、サンプリングクロック発生部 6 6 から発生するサンプリングクロックによってサンプリングし、得られるサンプリング信号から光信号強度分布を求め、光信号強度分布を基に光信号品質パラメータを評価する。

【 0 0 0 6 】

図 9 は従来例の第 4 例の波長分割多重信号監視装置の構成を示す。この従来例の信号監視装置は、サンプリング光パルス列発生部 6 8、光合波部 6 9、非線形光学媒質 7 0、光分波部 7 1、光電変換部 7 2、および電気信号処理部 7 3 を有する。サンプリング光パルス列発生部 6 8 は、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$: n, m は自然数、 a はオフセット周波数) でパルス幅がビットレート f_0 (bit/s) の光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を発生する。光合波部 6 9 は、1 波長の光波長分割分離信号とサンプリング光パルス列発生部 6 8 から発生するサンプリング光パルス列とを合波する。非線形光学媒質 7 0 は、光合波部 6 9 で合波された光波長分割分離信号とサンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起する。光分波部 7 1 は、非線形光学媒質 7 0 における非線形相互作用の結果により発生する相互相関光信号を、上記光波長分割分離信号や上記サンプリング光から分波する。光電変換部 7 2 は、光分波部 7 1 から出力する相互相関光信号を受光して電気強度変調信号に変換する。電気信号処理部 7 3 は、光電変換部 7 2 から得られる電気強度変調信号から光信号強度分布を求め、その光信号強度分布を基に光信号品質パラメータを評価する。

【 0 0 0 7 】

図 8 および図 9 の従来例は振幅ヒストグラムから光信号品質パラメータを評価する方法 (参考文献 [2] : 特開平 1 1 - 2 2 3 5 7 5 号公報) であり、信号ビットレートの増大、信号形式の多様化に柔軟に対応でき、光ファイバ中の波長分散による波形劣化などの光信号劣化を監視できるが、1 波長の光信号にのみ適用

できるものであった。

【 0 0 0 8 】

図 1 0 に従来第 5 例の波長分割多重信号監視装置の構成を示すが、これは光波長分割分離部 7 4 を用いて図 8 の構成を WDM チャンネル数だけ並列に構成したものである。また、図 1 1 に従来第 6 例の波長分割多重信号監視装置の構成を示すが、上記第 5 例と同様に、これは光波長分割分離部 7 8 を用いて図 9 の構成を WDM チャンネル数だけ並列に構成したものである。

【 0 0 0 9 】

このように、従来例第 5 例および第 6 例は従来例第 3 例および第 4 例の構成を WDM チャンネル数だけ並列に構成したものであり、したがって WDM チャンネル数が N チャンネルであれば、装置規模も N 倍と増大してしまうという問題がある。

【 0 0 1 0 】

【 発明が解決しようとする課題 】

一方、近年、マルチメディアサービス需要が急速に高まり、個々のサービスの通信容量を拡大する必要性が生じてきた上に、映像、音声、データ等、多様な信号ビットレート・信号形式に効率的に対応するネットワークが必要となると、WDM チャンネル数の増大や WDM チャンネルごとの信号ビットレートの増大、信号形式の多様化が必要となるので、それに柔軟に対応できる光波長分割多重信号監視装置が必要となる。また、それに伴って監視すべき光信号劣化要因も多様化し、特に光ファイバ中の波長分散による波形劣化や、偏波分散による波形劣化などに対応した監視が必要となる。

【 0 0 1 1 】

そこで、光ファイバ中の波長分散による波形劣化など多様な光信号劣化要因を監視でき、WDM チャンネル数の増大や WDM チャンネルごとの信号ビットレートの増大、信号形式の多様化に柔軟に対応できる、光波長分割多重信号監視装置が切望されている。

【 0 0 1 2 】

本発明は、上述の点に鑑みてなされたもので、その目的は、光信号強度分布を

基に光信号品質パラメータを評価する電気信号処理に波長依存性をなくして、電気信号処理手段を1系統にでき、装置規模の小型化が得られる光波長分割多重信号監視方法及び監視装置を提供することにある。

【0013】

また、本発明の付随する目的は、被測定対象である光波長分割多重信号のビットレート、信号形式および変調形式によらず、単一の回路で雑音劣化や波形歪みなどの光信号品質劣化を監視できる光波長分割多重信号監視方法及び監視装置を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項1の光波長分割多重信号監視方法の発明は、ビットレート f_0 (bit/s) の光信号が N 波長多重 (N は2以上の整数) された光波長分割多重信号を光波長分割分離する光波長分割分離工程と、前記光波長分割分離工程で分割分離された N チャネルの光波長分割分離信号を受光して電気強度変調信号に変換する光電変換工程と、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a : n, m$ は自然数、 a はオフセット周波数) のサンプリングクロックを発生するサンプリングクロック発生工程と、前記光電変換工程で出力される前記 N チャネルの電気強度変調信号を、前記サンプリングクロック発生工程で発生する前記サンプリングクロックによってサンプリングし、得られるサンプリング信号から光信号強度分布を求め、該光信号強度分布を基に前記 N チャネルそれぞれについて光信号品質パラメータを評価する電気信号処理工程とを有することを特徴とする。

【0015】

上記目的を達成するため、請求項2の光波長分割多重信号監視方法の発明は、ビットレート f_0 (bit/s) の光信号が N 波長多重 (N は2以上の整数) された光波長分割多重信号を光波長分割分離する光波長分割分離工程と、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a : n, m$ 自然数、 a はオフセット周波数) のパルス幅がビットレート f_0 (bit/s) の光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を発生するサンプリング光パルス

列発生工程と、前記サンプリング光パルス列発生工程で発生した前記サンプリング光パルス列をN系列に分波するサンプリング光パルス列分波工程と、前記光波長分割分離工程で分離されたNチャンネルの光波長分割分離信号と前記サンプリング光パルス列分波工程で分波されたN系列のサンプリング光パルス列を合波する光合波工程と、前記光合波工程で合波された前記光波長分割分離信号と前記サンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起するN個の非線形光学媒質における非線形相互作用の結果により発生する相互相関光信号を前記光波長分割多重信号や前記サンプリング光パルス列から分波する光分波工程と、前記光分波工程で分波された前記Nチャンネルの相互相関光信号を受光して電気強度変調信号に変換する光電変換工程と、前記光電変換工程で変換された前記Nチャンネルの電気強度変調信号から光信号強度分布を求め、該光信号強度分布を基に該Nチャンネルのそれぞれについて光信号品質パラメータを評価する電気信号処理工程とを有することを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

上記目的を達成するため、請求項3の光波長分割多重信号監視方法の発明は、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$: n, m は自然数、 a はオフセット周波数)でパルス幅がビットレート f_0 (bit/s)の光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を発生するサンプリング光パルス列発生工程と、ビットレート f_0 (bit/s)の光信号がN波長多重(Nは2以上の整数)された光波長分割多重信号と前記サンプリング光パルス列発生工程で発生した前記サンプリング光パルス列とを合波する光合波工程と、前記光合波工程で合波された前記光波長分割多重信号と前記サンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起する非線形光学媒質における非線形相互作用の結果により発生する前記相互相関光信号をNチャンネルに波長分割分離する光波長分割分離工程と、前記光波長分割分離工程で分割分離された前記Nチャンネルの相互相関光信号を受光してNチャンネルの電気強度変調信号に変換する光電変換工程と、前記光電変換工程で変換された前記Nチャンネルの電気強度変調信号から光信号強度分布を求め、該光信号強度分布を基に前記Nチャンネルのそれぞれについて光信号品質パラメータを評価する電気信号処理工程とを有することを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

上記目的を達成するため、請求項 4 の光波長分割多重信号監視方法の発明は、ビットレート f_0 (bit/s) の光信号が N 波長多重 (N は 2 以上の整数) された光波長分割多重信号から任意の 1 チャンネルを選択し、光波長分割分離する光波長選択工程と、前記光波長選択工程で選択される波長を制御する選択波長制御工程と、前記光波長選択工程で選択・分離された 1 チャンネルの光波長分割分離信号を受光して電気強度変調信号に変換する光電変換工程と、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$: n , m は自然数、 a はオフセット周波数) のサンプリングクロックを発生するサンプリングクロック発生工程と、前記光電変換工程で出力される 1 チャンネルの電気強度変調信号を、前記サンプリングクロック発生工程での前記サンプリングクロックによってサンプリングし、得られるサンプリング信号から光信号強度分布を求め、該光信号強度分布を基に光信号品質パラメータを評価する電気信号処理工程とを有することを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

上記目的を達成するため、請求項 5 の光波長分割多重信号監視方法の発明は、ビットレート f_0 (bit/s) の光信号が N 波長多重 (N は 2 以上の整数) された光波長分割多重信号から任意の 1 チャンネルを選択し、光波長分割分離する光波長選択工程と、前記光波長選択工程で選択される波長を制御する選択波長制御工程と、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$: n , m は自然数、 a はオフセット周波数) でパルス幅がビットレート f_0 (bit/s) の光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を発生するサンプリング光パルス列発生工程と、前記光波長選択工程で選択・分離された 1 チャンネルの光波長分割分離信号と前記サンプリング光パルス列発生工程で発生する前記サンプリング光パルス列とを合波する光合波工程と、前記光合波工程で合波された前記光波長分割分離信号と前記サンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起する 1 個の非線形光学媒質における非線形相互作用の結果により発生する相互相関光信号を、前記光波長分割分離信号や前記サンプリング光から分波する光分波工程と、前記光分波工程で出力する前記 1 チャンネルの相互相関光信号を受光して電気強度変調信号に変換する光電変換工程と、前記光電変換工程で得られ

る前記 1 チャンネルの電気強度変調信号から光信号強度分布を求め、該光信号強度分布を基に光信号品質パラメータを評価する電気信号処理工程とを有することを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

上記目的を達成するため、請求項 6 の光波長分割多重信号監視装置の発明は、ビットレート f_0 (bit/s) の光信号が N 波長多重 (N は 2 以上の整数) された光波長分割多重信号を光波長分割分離する光波長分割分離手段と、前記光波長分割分離手段により分割分離された N チャンネルの光波長分割分離信号を受光して電気強度変調信号に変換する N 個の光電変換手段と、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$: n, m は自然数、 a はオフセット周波数) のサンプリングクロックを発生するサンプリングクロック発生手段と、前記 N 個の光電変換手段から出力される前記 N チャンネルの電気強度変調信号を、前記サンプリングクロック発生手段により発生する前記サンプリングクロックによってサンプリングし、得られるサンプリング信号から光信号強度分布を求め、該光信号強度分布を基に前記 N チャンネルそれぞれについて光信号品質パラメータを評価する電気信号処理手段とを有することを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

上記目的を達成するため、請求項 7 の光波長分割多重信号監視装置の発明は、ビットレート f_0 (bit/s) の光信号が N 波長多重 (N は 2 以上の整数) された光波長分割多重信号を光波長分割分離する光波長分割分離手段と、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$: n, m 自然数、 a はオフセット周波数) のパルス幅がビットレート f_0 (bit/s) の光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を発生するサンプリング光パルス列発生手段と、前記サンプリング光パルス列発生手段から発生した前記サンプリング光パルス列を N 系列に分波するサンプリング光パルス列分波手段と、前記光波長分割分離手段によって分離された N チャンネルの光波長分割分離信号と前記サンプリング光パルス列分波手段によって分波された N 系列のサンプリング光パルス列を合波する N 個の光合波手段と、前記光合波手段で合波された前記光波長分割分離信号と前記サンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起する N 個の非

線形光学媒質と、前記非線形光学媒質における非線形相互作用の結果により発生する相互相関光信号を前記光波長分割多重信号や前記サンプリング光パルス列から分波するN個の光分波手段と、前記光分波手段により分波された前記Nチャンネルの相互相関光信号を受光して電気強度変調信号に変換するN個の光電変換手段と、前記光電変換手段で変換された前記Nチャンネルの電気強度変調信号から光信号強度分布を求め、該光信号強度分布を基に該Nチャンネルのそれぞれについて光信号品質パラメータを評価する電気信号処理手段とを有することを特徴とする。

【0021】

上記目的を達成するため、請求項8の光波長分割多重信号監視装置の発明は、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$: n, m は自然数、 a はオフセット周波数)でパルス幅がビットレート f_0 (bit/s)の光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を発生するサンプリング光パルス列発生手段と、ビットレート f_0 (bit/s)の光信号がN波長多重(Nは2以上の整数)された光波長分割多重信号と前記サンプリング光パルス列発生手段で発生した前記サンプリング光パルス列とを合波する光合波手段と、前記光合波手段で合波された前記光波長分割多重信号と前記サンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起する非線形光学媒質と、前記非線形光学媒質における非線形相互作用の結果により発生する前記相互相関光信号をNチャンネルに波長分割分離する光波長分割分離手段と、前記光波長分割分離手段により分割分離された前記Nチャンネルの相互相関光信号を受光してNチャンネルの電気強度変調信号に変換するN個の光電変換手段と、前記光電変換手段により変換された前記Nチャンネルの電気強度変調信号から光信号強度分布を求め、該光信号強度分布を基に前記Nチャンネルのそれぞれについて光信号品質パラメータを評価する電気信号処理手段とを有することを特徴とする。

【0022】

上記目的を達成するため、請求項9の光波長分割多重信号監視装置の発明は、ビットレート f_0 (bit/s)の光信号がN波長多重(Nは2以上の整数)された光波長分割多重信号から任意の1チャンネルを選択し、光波長分割分離する光波長選択手段と、前記光波長選択手段によって選択される波長を制御する選択波

長制御手段と、前記光波長選択手段によって選択・分離された1チャンネルの光波長分割分離信号を受光して電気強度変調信号に変換する1個の光電変換手段と、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$: n, m は自然数、 a はオフセット周波数)のサンプリングクロックを発生するサンプリングクロック発生手段と、前記光電変換手段から出力される1チャンネルの電気強度変調信号を、前記サンプリングクロック発生手段の前記サンプリングクロックによってサンプリングし、得られるサンプリング信号から光信号強度分布を求め、該光信号強度分布を基に光信号品質パラメータを評価する電気信号処理手段とを有することを特徴とする。

【0023】

上記目的を達成するため、請求項10の光波長分割多重信号監視装置の発明は、ビットレート f_0 (bit/s)の光信号が N 波長多重(N は2以上の整数)された光波長分割多重信号から任意の1チャンネルを選択し、光波長分割分離する光波長選択手段と、前記光波長選択手段によって選択される波長を制御する選択波長制御手段と、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$: n, m は自然数、 a はオフセット周波数)でパルス幅がビットレート f_0 (bit/s)の光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を発生するサンプリング光パルス列発生手段と、前記光波長選択手段によって選択・分離された1チャンネルの光波長分割分離信号と前記サンプリング光パルス列発生手段から発生する前記サンプリング光パルス列とを合波する光合波手段と、前記光合波手段で合波された前記光波長分割分離信号と前記サンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起する1個の非線形光学媒質と、前記非線形光学媒質における非線形相互作用の結果により発生する相互相関光信号を、前記光波長分割分離信号や前記サンプリング光から分波する1個の光分波手段と、前記光分波手段から出力する前記1チャンネルの相互相関光信号を受光して電気強度変調信号に変換する1個の光電変換手段と、前記光電変換手段から得られる前記1チャンネルの電気強度変調信号から光信号強度分布を求め、該光信号強度分布を基に光信号品質パラメータを評価する電気信号処理手段とを有することを特徴とする。

【0024】

ここで、前記電気信号処理手段は、光信号受信端局に配置されて、ある光ノードの光信号送信端局と他の光ノードの光信号受信端局間の光信号経路を伝送した光信号の信号対雑音比係数を測定する信号対雑音比係数測定部と、システム導入時にあらかじめ障害がない状態に前記信号対雑音比係数測定部で測定した信号対雑音比係数を記憶する初期状態記憶部と、システム運用時において一定の時間間隔で前記信号対雑音比係数測定部で測定して得られる信号対雑音比係数の値を導入時に前記初期状態記憶部に記憶した信号対雑音比係数の値と比較する光信号品質評価部とを有し、光信号変調形式・フォーマット・ビットレートに無依存なアナログ監視をすることを特徴とすることができる。

【 0 0 2 5 】

また、前記信号対雑音比係数測定部は、クロック周波数 f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M) f_0 + a$ 、 N 、 M は正数、 a はオフセット周波数) で前記電気強度変調信号の強度をサンプリングすることによって、光信号の強度分布を測定する光信号強度分布測定手段と、ある平均時間内の前記光信号強度分布から得られる振幅ヒストグラムを用いて信号対雑音比係数を評価する信号対雑音比係数評価手段とを有することを特徴とすることができる。

【 0 0 2 6 】

また、前記信号対雑音比係数評価手段は、ある平均時間内の前記光信号の強度分布から振幅ヒストグラムを求めるヒストグラム評価手段と、あらかじめ定めた強度しきい値 (A) よりも高い前記振幅ヒストグラム部分から「レベル 1」に相当する振幅ヒストグラム分布関数 g_1 を推定し、別途定めた強度しきい値 (B) よりも低い前記振幅ヒストグラム部分から「レベル 0」に相当する振幅ヒストグラム分布関数 g_0 を推定する分布関数評価手段と、「レベル 1」と「レベル 0」のそれぞれの平均値強度と標準偏差値を前記振幅ヒストグラム分布関数 g_1 及び g_0 からそれぞれ求め、「レベル 1」と「レベル 0」のそれぞれの平均値強度の差と、「レベル 1」と「レベル 0」のそれぞれの標準偏差値の和の比として得られる信号対雑音比係数を評価する光信号品質評価手段とを具備することを特徴とすることができる。

【 0 0 2 7 】

また、前記分布関数評価手段は、被測定光信号の強度分布から得られる前記振幅ヒストグラムから2つの極大値を求め、振幅強度の高い方を前記強度しきい値(A)とし、低い方を前記強度しきい値(B)とすることを特徴とすることができる。

【0028】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0029】

(第1の実施形態)

図1に、本発明の第1の実施形態における光波長分割多重信号監視装置の構成を示す。本実施形態の光波長分割多重信号監視装置は、光波長分割分離部11、N個の光電変換部15、サンプリングクロック発生部17、および電気信号処理部19を有する。光波長分割分離部11は、ビットレート f_0 (bit/s)の光信号がN波長多重(Nは2以上の整数)された光波長分割多重信号を光波長分割分離する。N個の光電変換部15は、光波長分割分離部11で分割分離されたNチャンネルの光波長分割分離信号を受光して電気強度変調信号に変換する。サンプリングクロック発生部17は、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$; n, mは自然数、aはオフセット周波数)のサンプリングクロックを発生する。電気信号処理部19は、N個の光電変換部15から出力されるNチャンネルの電気強度変調信号を、サンプリングクロック発生部17により発生するそのサンプリングクロックによってサンプリングし、得られるサンプリング信号から光信号強度分布を求め、この光信号強度分布を基にNチャンネルそれぞれについて光信号品質パラメータを評価する。

【0030】

以上の構成において、光波長分割分離部11と光電変換部15により、ビットレート f_0 (bit/s)を有する光信号を電気強度変調信号に変換し、電気信号処理部19では、サンプリングクロック発生部17から発生するクロック周波数 f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M) f_0 + a$; aはオフセット周波数)のサンプリングクロックにより、上記電気強度変調信号の強度をサンプリングすることに

よって光信号強度分布を測定する電気サンプリング法を用いる。

【0031】

電気サンプリング法による光信号強度分布測定には、市販の電気サンプリング装置などを用いることができる。また、品質評価パラメータの評価方法の詳細は後述するが、特開平11-223575号公報に記載のような公知の品質評価パラメータ評価方法も適用できる。

【0032】

本実施形態は、信号ビットレート、信号形式および変調形式によらず単一の回路で雑音劣化や波形歪みなどの光信号品質劣化を監視する方法を、光波長分割分離部11を用いることにより、N波長の光波長分割多重信号に拡張した構成のものであり、光波長分割多重信号の光信号品質監視が可能となる。光信号強度分布を基に光信号品質パラメータを評価する電気信号処理に波長依存性がないため、電気信号処理部19は1系統にでき、装置規模の小型化・低価格化が可能となる。

【0033】

また、本実施形態では、電気サンプリングを用いているため、光サンプリング法にくらべて装置規模が小さい。ただし、適用できる光信号ビットレートは光電変換部15の帯域で制限される。

【0034】

(第2の実施形態)

図2に本発明の第2の実施形態における光波長分割多重信号監視装置の構成を示す。本実施形態の光波長分割多重信号監視装置は、光波長分割分離部11、サンプリング光パルス列発生部21、サンプリング光パルス列分波部22、N個の光合波部23 (Nは2以上の整数)、N個の非線形光学媒質24、N個の光分波部25、N個の光電変換部15および電気信号処理部26を有する。

【0035】

光波長分割分離部11は、ビットレート f_0 (bit/s) の光信号がN波長多重 (Nは2以上の整数) された光波長分割多重信号を光波長分割分離する。サンプリング光パルス列発生部21は、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 =$

n/m) $f_0 + a$: n , m 自然数、 a はオフセット周波数) のパルス幅がビットレート f_0 (bit/s) の光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を発生する。サンプリング光パルス列分波部 2 2 は、サンプリング光パルス列発生部 2 1 から発生したサンプリング光パルス列を N 系列に分波する。 N 個の光合波部 2 3 は、光波長分割分離部 1 1 によって分離された N チャンネルの光波長分割分離信号と、サンプリング光パルス列分波部 2 2 によって分波された N 系列のサンプリング光パルス列を合波する。 N 個の非線形光学媒質 2 4 は、光合波部 2 3 で合波された光波長分割分離信号とサンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起する。 N 個の光分波部 2 5 は、非線形光学媒質 2 4 における非線形相互作用の結果により発生する相互相関光信号を、上記光波長分割多重信号や上記サンプリング光パルス列から分波する。 N 個の光電変換部 1 5 は光分波部 2 5 により分波された N チャンネルの相互相関光信号を受光して電気強度変調信号に変換する。電気信号処理部 2 6 は、光電変換部 1 5 で変換された N チャンネルの電気強度変調信号から光信号強度分布を求め、その光信号強度分布を基に N チャンネルのそれぞれについて光信号品質パラメータを評価する。品質評価パラメータの評価方法の詳細は後述するが、特開平 1 1 - 2 2 3 5 7 5 号公報に記載のような公知の品質評価パラメータ評価方法も適用できる。

【 0 0 3 6 】

以上の構成において、光波長分割分離部 1 1、サンプリング光パルス列発生部 2 1、サンプリング光パルス列分波部 2 2、 N 個の光合波部 2 3 (N は 2 以上の整数)、 N 個の非線形光学媒質 2 4、および N 個の光分波部 2 5 により、ビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号と、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M) f_0 + a$ 、 a はオフセット周波数) でパルス幅が光信号のタイムスロットより十分狭いサンプリング光パルス列を用いて、これら 2 つの光と異なる光周波数の相互相関信号を発生させる。その相関光信号を N 個の光電変換部 1 5 で光電変換した後に、電気信号処理部 2 6 において、電気信号処理を行って光信号の強度分布を測定する光サンプリング法を用いる。

【 0 0 3 7 】

上記光サンプリング法による光信号強度分布測定には、参考文献 [3] の光サ

ンプリングなどの公知技術を用いることができる（参考文献〔3〕 高良 他：
「和周波光発生を用いた光サンプリングによる超高速光波形測定法」，電子情報
通信学会論文誌，B-1，vol，J75-B-1，No. 5，pp. 372-
380，1992年）。

【0038】

また、上記相互相関信号は、第2次高調波発生、和周波光発生、差周波光発生、
四光波混合光発生などを利用することにより得ることができる。なお、非線
形光学媒質24はそれぞれ入射する光信号の波長に適用できれば良く、広波長帯
域性は要求されない。

【0039】

本実施形態は、前述の第1の実施形態と同様に、信号ビットレート、信号形式
および変調形式によらず単一の回路で雑音劣化や波形歪みなどの光信号品質劣化
を監視する方法を、光波長分割分離部11を用いることにより、N波長の光波長
分割多重信号に拡張した構成のものであり、光波長分割多重信号の光信号品質監
視が可能となる。光信号強度分布を基に光信号品質パラメータを評価する電気信
号処理に波長依存性がないため、電気信号処理部19は1系統にでき、装置規模
の小型化・低価格化が可能となる。

【0040】

また、本実施形態は、光サンプリングを用いるため、適用できる光信号ビット
レートが光電変換部15の帯域で制限されず、電気サンプリングを用いる前述の
第1の実施形態に比べて適用できる光信号ビットレートが広範囲となる。

【0041】

（第3の実施形態）

図3に本発明の第3の実施形態における光波長分割多重信号監視装置の構成を
示す。本実施形態の光波長分割多重信号監視装置は、サンプリング光パルス列発
生部21、光合波部31、非線形光学媒質24、光波長分割分離部11、N個の
光電変換部15、および電気信号処理部26を有する。

【0042】

サンプリング光パルス列発生部21は、繰り返し周波数が f_1 （Hz）（ f_1

$= (n/m) f_0 + a$: n , m は自然数、 a はオフセット周波数) でパルス幅がビットレート f_0 (bit/s) の光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を発生する。光合波部 31 は、ビットレート f_0 (bit/s) の光信号が N 波長多重 (N は 2 以上の整数) された光波長分割多重信号と、サンプリング光パルス列発生部 21 で発生したそのサンプリング光パルス列とを合波する。非線形光学媒質 24 は光合波部 31 で合波された光波長分割多重信号とサンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起する。光波長分割分離部 11 は、非線形光学媒質 24 における非線形相互作用の結果により発生するその相互相関光信号を N チャンネルに波長分割分離する。

【 0 0 4 3 】

N 個の光電変換部 15 は、光波長分割分離部 11 により分割分離された N チャンネルの相互相関光信号を受光して、 N チャンネルの電気強度変調信号に変換する。電気信号処理部 26 は、光電変換部 15 により変換されたその N チャンネルの電気強度変調信号から光信号強度分布を求め、その光信号強度分布を基に N チャンネルのそれぞれについて光信号品質パラメータを評価する。品質評価パラメータの評価方法の詳細は後述するが、特開平 11-223575 号公報に記載のような公知の品質評価パラメータ評価方法も適用できる。

【 0 0 4 4 】

以上の構成において、サンプリング光パルス列発生部 21、光合波部 31、非線形光学媒質 24、および光波長分割分離部 11 により、ビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号と、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M) f_0 + a$, a はオフセット周波数) でパルス幅が光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を用いて、これら 2 つの光と異なる光周波数の相互相関信号を発生させる。

【 0 0 4 5 】

続いて、 N 個の光電変換部 15 により相互相関光信号を光電変換した後に、電気信号処理部 26 において電気信号処理を行って光信号の強度分布を測定する光サンプリング法を用いる。この光サンプリング法による光信号強度分布測定には、前述の参考文献 [3] に記載の光サンプリングなどを用いることができる。ま

た、上記相互相関信号は、第2次高調波発生、和周波光発生、差周波光発生、四光波混合光発生などを利用することにより得ることができる。

【0046】

本実施形態では、非線形光学媒質11として、相互相関信号の発生効率が広帯域にわたって大きい非線形光学媒質を用いることにより、光合波手段、非線形光学媒質、光分波手段を1系統にすることができ、回路全体を小型化・低価格化できる。

【0047】

また、本実施形態では、被測定対象である光波長分割多重信号のビットレート、信号形式および変調形式によらず、単一の回路で、雑音劣化や波形歪みなどの光信号品質劣化を監視できる。また、本実施形態は、電気サンプリングを用いる第1の実施形態1に比べて適用できる光信号ビットレートが広範囲である。また、非線形光学媒質11はすべての光信号波長に適用できねばならない（広波長帯域性）が、光合波部31、非線形光学媒質24の数が一つでよいので前述の第1、第2の実施形態に比べて構成が簡易化できる。

【0048】

（第4の実施形態）

図4に本発明の第4の実施形態における光波長分割多重信号監視装置の構成を示す。本実施形態の光波長分割多重信号監視装置は、光波長選択部42、選択波長制御部41、1個の光電変換部15、サンプリングクロック発生部17、および電気信号処理部19を有する。

【0049】

光波長選択部42は、ビットレート f_0 (bit/s) の光信号が N 波長多重（ N は2以上の整数）された光波長分割多重信号から任意の1チャネルを選択し、光波長分割分離する。選択波長制御部41は、光波長選択部42によって選択される波長を制御する。光電変換部15は光波長選択部42によって選択・分離された1チャネルの光波長分割分離信号を受光して電気強度変調信号に変換する。

【0050】

サンプリングクロック発生部 17 は、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$; n, m は自然数、 a はオフセット周波数) のサンプリングクロックを発生する。電気信号処理部 19 は、光電変換部 15 から出力される 1 チャンネルの電気強度変調信号を、そのサンプリングクロック発生部 17 のサンプリングクロックによってサンプリングし、得られるサンプリング信号から光信号強度分布を求め、その光信号強度分布を基に光信号品質パラメータを評価する。品質評価パラメータの評価方法の詳細は後述するが、特開平 11-223575 号公報に記載のような公知の品質評価パラメータ評価方法も適用できる。

【0051】

以上の構成において、光波長選択部 42 はビットレート f_0 (bit/s) の光波長分割多重信号から任意の 1 チャンネルを選択・分離し、光電変換部 15 はその選択・分離された 1 チャンネルの光波長分割分離信号を受光して電気強度変調信号に変換する。電気信号処理部 19 は、サンプリングクロック発生部 17 からのクロック周波数 f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M) f_0 + a$ 、 a はオフセット周波数) で、上記電気強度変調信号強度をサンプリングすることによって光信号強度分布を測定する電気サンプリング法を用いる。電気サンプリング法による光信号強度分布測定には、市販の電気サンプリング装置などを用いることができる。

【0052】

本実施形態では、光波長選択部 42 と選択波長制御部 41 を用いることにより、 N 波長の光波長分割多重信号の各波長を時系列で順番に評価し、光波長分割多重信号評価を実現する。

【0053】

本実施形態では、被測定対象である光波長分割多重信号のビットレート、信号形式および変調形式によらず単一の回路で雑音劣化や波形歪みなどの光信号品質劣化を監視できる。また、本実施形態では、光信号強度分布を基に光信号品質パラメータを評価する電気信号処理に波長依存性がないため、電気信号処理部 19 が 1 系統にでき、装置規模の小型化・低価格化が可能となる。

【0054】

また、本実施形態では電気サンプリングを用いるため、光サンプリング法にく

らべて装置規模が小さい。ただし適用できる光信号ビットレートが光電変換部 15 の帯域で制限される。また、本実施形態では光電変換部 15 を 1 つにすることができ、回路全体を小型化・低価格化できる。

【0055】

(第5の実施形態)

図5に本発明の第5の実施形態における光波長分割多重信号監視装置の構成を示す。本実施形態の光波長分割多重信号監視装置は、光波長選択部42、選択波長制御部41、サンプリング光パルス列発生部21、光合波部31、1個の非線形光学媒質24、1個の光分波部11、1個の光電変換部15、および電気信号処理部26を有する。

【0056】

光波長選択部42は、ビットレート f_0 (bit/s) の光信号が N 波長多重 (N は 2 以上の整数) された光波長分割多重信号から任意の 1 チャンネルを選択し、光波長分割分離する。選択波長制御部41は、光波長選択部42によって選択される波長を制御する。サンプリング光パルス列発生部21は、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (n/m) f_0 + a$; n, m は自然数、 a はオフセット周波数) でパルス幅がビットレート f_0 (bit/s) の光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を発生する。光合波部31は、光波長選択部42によって選択・分離された 1 チャンネルの光波長分割分離信号とサンプリング光パルス列発生部21から発生するサンプリング光パルス列とを合波する。

【0057】

非線形光学媒質24は、光合波部31で合波された上記光波長分割分離信号と上記サンプリング光パルス列の非線形相互作用を誘起する。光分波部11は、非線形光学媒質24における非線形相互作用の結果により発生する相互相関光信号を、上記光波長分割分離信号や上記サンプリング光から分波する。

【0058】

光電変換部15は、光分波部11から出力する 1 チャンネルの相互相関光信号を受光して電気強度変調信号に変換する。電気信号処理部26は、光電変換部15

から得られる1チャネルの電気強度変調信号から光信号強度分布を求め、その光信号強度分布を基に光信号品質パラメータを評価する。品質評価パラメータの評価方法の詳細は後述するが、特開平11-223575号公報に記載のような公知の品質評価パラメータ評価方法も適用できる。

【0059】

以上の構成において、光波長選択部42、選択波長制御部41、サンプリング光パルス列発生部21、光合波部31、1個の非線形光学媒質24、および1個の光分波部11により、ビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号と、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M) f_0 + a$, a はオフセット周波数) でパルス幅が光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を用いて、これら2つの光と異なる光周波数の相互相関信号を発生させる。

【0060】

続いて、光電変換部15により上記相関光信号を光電変換した後に、電気信号処理部26において電気信号処理を行って、光信号の強度分布を測定する光サンプリング法を用いる。この光サンプリング法による光信号強度分布測定には、前述の参考文献[3]の光サンプリングなどを用いることができる。また、上記相互相関信号は、第2次高調波発生、和周波光発生、差周波光発生、四光波混合光発生などを利用することにより得ることができる。

【0061】

本実施形態では、被測定対象である光波長分割多重信号のビットレート、信号形式および変調形式によらず単一の回路で雑音劣化や波形歪みなどの光信号品質劣化を監視できる。また、本実施形態では、光波長選択部42と選択波長制御部41を用いることにより、 N 波長の光波長分割多重信号の各波長を時系列で順番に評価し、光波長分割多重信号評価を実現する。また本実施形態では、非線形光学媒質24として相互相関信号の発生効率が広帯域にわたって大きい非線形光学媒質を用い、かつ、波長選択部42により時系列で光信号品質監視を行うことにより、光合波部31、非線形光学媒質24、光分波部11、および光電変換部15を1系統にすることができ、回路全体を小型化・低価格化できる。

【0062】

また、本実施形態では、電気サンプリングを用いる第 1、第 4 の実施形態に比べて適用できる光信号ビットレートが広範囲である。また、非線形光学媒質 2 4 はすべての光信号波長に適用できねばならない（広波長帯域性）が、光合波部 3 1、非線形光学媒質 2 4、光電変換部 1 5 の数が一つでよいので第 2、第 3 の実施形態に比べて構成が簡易化できる。

【 0 0 6 3 】

以下に、上述の第 1 ～第 5 の実施形態における電気信号処理部 1 9、2 6 で遂行される品質評価パラメータの評価方法の具体例を例示する。

【 0 0 6 4 】

（第 6 の実施形態）

図 1 2 の（A）、（B）は本発明の第 1 の実施形態の光ネットワークの構成を示す。図 1 2 の（A）は予備回線を備えるリング構成の光ネットワークであり、光 ADM リングなどもこれに含まれる。また、図 1 2 の（B）はメッシュ構成の光ネットワークである。

【 0 0 6 5 】

どちらの場合も、光ネットワークは、SONET/SDH フレームや ATM セルや IP パケットなどの多様な変調形式・フォーマット・ビットレートの電気信号を適当なキャリア波長の光信号に変換することにより収容することができる、光レイヤを含む階層構造を備える。また、その光ネットワークを構成する各光ノード 1 0 2 は、それぞれ 1 対または複数対の光信号送信端局および光信号受信端局（送受信端局 1 0 4）を含んでおり、ある光ノードの光信号送信端局 1 0 4 と他の光ノードの光信号受信端局 1 0 4 との間で光信号が終端される。また、光信号の終端毎に、変調形式・フォーマット・ビットレートに無依存な光信号経路を形成する。ここで、光ノード 1 0 2 において光信号がスルーされる場合も含まれる。また、光送受信端局 1 0 4 間で光増幅中継を行う場合も含まれる。

【 0 0 6 6 】

本発明では、後述のように、光信号受信端局において光信号監視を行い、光送受信端局間の制御チャネルを利用して、監視情報を光信号送信端局に送り、監視情報に基づいて適宜に光信号切替を行う。

【 0 0 6 7 】

図 1 3 に本発明の第 6 の実施形態における光送受信端局 1 0 4 内の構成例を示す。上位の光レイヤに収容された信号は光信号送信端局 2 0 2 の光送信器 2 0 4 で受信され、経路切替部 2 0 6 を介して伝送路 2 1 2 に送信される。光信号受信端局 2 1 6 において、入力した光信号の一部を光分岐器 2 1 8 により分岐し、分岐した光信号を利用して光信号監視部 2 2 0 により光信号監視を行う。

【 0 0 6 8 】

ここで、光分岐器 2 1 8 は前述の本発明の第 1 ～第 5 の実施形態における図 1 ～図 5 の構成において電気信号処理部 1 9、2 6 を除く構成部分とする。そして、光信号監視部 2 2 0 が前述の本発明の第 1 ～第 5 の実施形態における電気信号処理部 1 9、2 6 中の品質評価パラメータの評価を実行する部分である。

【 0 0 6 9 】

光信号監視部 2 2 0 は、信号対雑音比係数測定部 2 2 2 と初期状態記憶部 2 2 4 と光信号品質評価部 2 2 6 とで構成し、光信号変調形式・フォーマット・ビットレートに無依存なアナログ監視をする。信号対雑音比係数測定部 2 2 2 は、ある光ノードの光信号送信端局 2 0 2 と他の光ノードの光信号受信端局 2 1 6 間の伝送路 2 1 2 を伝送した光信号の信号対雑音比係数を測定する。初期状態記憶部 2 2 4 は、システム導入時にあらかじめ障害がない状態に信号対雑音比係数測定部 2 2 2 で測定した信号対雑音比係数を記憶する。光信号品質評価部 2 2 6 は、システム運用時において一定の時間間隔で信号対雑音比係数測定部 2 2 2 で測定して得られる信号対雑音比係数の値を、導入時に初期状態記憶部 2 2 4 に記憶した信号対雑音比係数の値とを比較する。

【 0 0 7 0 】

ある光ノードの光信号受信端局 2 1 6 と他の光ノードの光信号送信端局 2 0 2 間には、伝送路 2 1 2 の他に、光信号監視部 2 2 0 の監視情報を光信号送信端局 2 0 2 へ伝送するための制御チャネル 2 1 4 が設けられ、また、光信号受信端局 2 1 6 と光信号送信端局 2 0 2 のそれぞれに、監視情報制御部 2 2 8、2 1 0 が設けられる。監視情報制御部 2 2 8、2 1 0 は、光信号品質評価部 2 2 6 における光信号品質評価に基づいて、伝送路 2 1 2 における障害などに起因する光信号

劣化または光信号波形歪みによりネットワーク障害が発生したことを認識し、認識した情報を含む監視情報を制御チャネル 2 1 4 を通じてやりとりする。

【 0 0 7 1 】

光信号送信端局 2 0 2 に経路切替部 2 0 6 が設けられる。監視情報制御部から 2 1 0 の監視情報に基づいて、経路切替部 2 0 6 により伝送路 2 1 2 の経路切替を行うことで、ネットワーク障害を回復する。

【 0 0 7 2 】

図 4 は本発明の第 6 の実施形態の光信号監視システムにおける経路制御の動作手順を示す。

【 0 0 7 3 】

ステップ S 1 : 障害がない状態のシステム導入時に信号対雑音比係数測定部 2 2 2 において信号対雑音比係数を測定する。

【 0 0 7 4 】

ステップ S 2 : 上記ステップ S 1 で測定した信号対雑音比係数を初期状態記憶部 2 2 4 に記憶する。

【 0 0 7 5 】

ステップ S 3 : システム運用開始後は信号対雑音比係数測定部 2 2 2 において一定の時間間隔で信号対雑音比係数を測定する。

【 0 0 7 6 】

ステップ S 4 : 信号対雑音比係数を測定するごとにその測定値を光信号品質評価部 2 2 6 において初期状態記憶部 2 2 4 の値と比較する。

【 0 0 7 7 】

ステップ S 5 : 光信号品質評価部 2 2 6 は、初期状態からの信号対雑音比係数値の変化を監視情報として監視情報制御部 2 2 8 に伝える。また、ここで、信号対雑音比係数値の変化の度合いから障害が発生したことを認識した場合は、経路切替が必要な旨の警報情報も監視情報として監視情報制御部 2 2 8 に伝える。

【 0 0 7 . 8 】

ステップ S 6 : 監視情報制御部 2 2 8 は制御チャネル 2 1 4 を用いて上記監視情報を光信号送信端局 2 0 2 側の監視情報制御部 2 1 0 に伝える。

【 0 0 7 9 】

ステップ S 7 : 光信号送信端局 2 0 2 の監視情報制御部 2 1 0 は受信した上記監視情報に基づいて必要に応じて経路切替を行う旨を経路切替部 2 0 6 に伝える。

【 0 0 8 0 】

ステップ S 8 : 経路切替部 2 0 6 は監視情報制御部 2 1 0 の指示に従って伝送路 2 1 2 の経路切替を行う。

【 0 0 8 1 】

ここで、信号対雑音比係数測定部 2 2 6 には、例えば、参考文献 [2] の光信号品質モニタなどを用いることができる（参考文献 [2] : 特開平 1 1 - 2 2 3 5 7 5 号公報）。これは、ビットレートや信号形式や変調形式に応じた受信系（クロック抽出回路、受信回路、フレーム検出回路、パリティ検査回路または照合回路からなる誤り検出回路）が必要なく、単一の受信系で任意のビットレートや信号形式や変調形式の信号に対応できる。

【 0 0 8 2 】

図 1 5、図 1 6 は光信号品質モニタを利用した信号対雑音比係数測定部 2 2 2 の構成例を示し、図 1 5 は電気サンプリングオシロスコープ 4 0 4 を用いる場合、図 1 6 は光サンプリングオシロスコープ 4 1 4 を用いる場合を示す。

【 0 0 8 3 】

図 1 5 の電気サンプリングオシロスコープ 4 0 4 を用いる場合は、所定のビットレート f_0 (bit/s) を有する光強度変調信号を光電変換部 4 0 2 により電気強度変調信号に変換し、電気サンプリングオシロスコープ 4 0 4 によって、所定のクロック周波数 f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M) f_0 + a$, N , M は整数、 a はオフセット周波数) で上記電気強度変調信号の強度をサンプリングすることによって一定時間における信号強度分布を得たのち、信号処理部 4 0 6 において信号対雑音比係数評価を行う。信号処理部 4 0 6 はヒストグラム評価部 4 0 8 と信号対雑音比係数評価部とで構成する。ヒストグラム評価部 4 0 8 は、電気サンプリングオシロスコープ 4 0 4 で得られる信号強度分布から振幅ヒストグラムを求める。信号対雑音比係数評価部 4 1 0 は、その求めた振幅ヒストグラムか

ら2値デジタル符号の「レベル1」と「レベル0」の分布を求め、「レベル1」と「レベル0」それぞれの平均値強度の差と、「レベル1」と「レベル0」それぞれの標準偏差値の和の比として得られる信号対雑音比係数を評価する。

【0084】

図15の構成は簡易であるが、適応可能な光信号ビットレートが光電変換部402の帯域で制限される。

【0085】

一方、図16の光サンプリングオシロスコープ414を用いる場合は、光サンプリングオシロスコープ414によって一定時間における信号強度分布を得たのち、信号処理部416において信号対雑音比係数評価を行う。光サンプリングオシロスコープ414による光信号強度分布測定には、参考文献[3]に記載の光サンプリングなどを用いることができる。(参考文献[3]:高良 他「和周波光発生を用いた光サンプリングによる超高速光波形測定法」, 電子情報通信学会論文誌, B-1, vol. J75-B-1, No.5, pp.372-380, 1992年)

【0086】

この光サンプリングは相互相関信号を得るために、第2次高調波発生、和周波光発生、差周波光発生、四光波混合光発生などを利用することが特徴であり、相互相関信号から信号強度分布を得る。

【0087】

例えば、光サンプリングオシロスコープ414は、所定のビットレート f_0 (bit/s)を有する光信号と、繰り返し周波数が所定の f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M) f_0 + a$, N, M は正数、 a はオフセット周波数)で、パルス幅が光信号のタイムスロットよりも十分に狭いサンプリング光パルス列を用いて、これら2つの光と異なる光周波数の相互相関光信号を発生させ、相互相関光信号を電気信号に変換し、相互相関光信号を光電変換した後に、電気信号処理を行って光信号の一定時間における強度分布を測定する。

【0088】

信号処理部416は、ヒストグラム評価部418と信号対雑音比係数評価部4

20とから構成する。ヒストグラム評価部418は、光サンプリングオシロスコープ414で得られる信号強度分布から振幅ヒストグラムを求める。信号対雑音比係数評価部420は、求めた上記振幅ヒストグラムから2値デジタル符号の「レベル1」と「レベル0」の分布を求め、「レベル1」と「レベル0」それぞれの平均値強度の差と、「レベル1」と「レベル0」それぞれの標準偏差値の和の比として得られる信号対雑音比係数を評価する。

【0089】

図16の構成は図15よりも高速の光信号に適用できる。

【0090】

次に、図17～図20に、光信号品質モニタを行う信号対雑音比係数測定部22における信号対雑音比係数測定のアゴリズムの一例を示す。

【0091】

図17の(A)：光サンプリングオシロスコープ414による光サンプリング、または電気サンプリングオシロスコープ404による電気サンプリングにより、ある平均時間内の強度分布を求める。

【0092】

図17の(B)：得られた上記強度分布から振幅ヒストグラムを求める。

【0093】

図18の(A)：振幅ヒストグラムのうち強度レベルの小さい方から調べたときの極大値を $m0'$ と定める。

【0094】

図18の(B)：強度レベル最大のサンプリング点から強度レベルが小さい方に向かってサンプリング点数を積分して、

【0095】

【数1】

$$N(\text{middle}) = N(\text{total}) \times D \times M \quad \cdots (1)$$

【0096】

(但し、 $N(\text{total})$ は全サンプリング点数、

D は光信号のデューティー比(パルス幅とタイムスロットの比)、

Mはマーク率（ディジタル伝送におけるレベル1の発生確率）

で求まるサンプリング点数N (middle)と積分値が等しくなったときの、積分したサンプリング点の最小レベルをm (middle)とする。

【0097】

図19の(A) :

【0098】

【数2】

$$m1' = 2 \times \{m(\text{middle}) - m0'\} \quad \dots (2)$$

【0099】

で求まるm1' を定める。

【0100】

図19の(B) :

【0101】

【数3】

$$A = m1' - \alpha(m1' - m0') \quad \dots (3)$$

【0102】

で求まる強度レベルをしきい値A

【0103】

【数4】

$$B = m0' + \alpha(m1' - m0') \quad \dots (4)$$

【0104】

で求まる強度レベルをしきい値B

(但し、 α は $0 < \alpha < 0.5$ の実数)

と定め、強度レベルがしきい値A以上の分布をレベル1の分布、しきい値B以下の分布をレベル0の分布とする。

【0105】

図20の(A) : 図19の(B)で定めたレベル1およびレベル0の分布において、それぞれ平均値m1, m0と標準偏差s1, s0を求める。

【0106】

図 2 0 の (B) : 図 2 0 の (A) で求めた平均値と標準偏差から

【 0 1 0 7 】

【 数 5 】

$$Q = | m 1 - m 0 | / (s 1 + s 0) \quad \cdots (5)$$

【 0 1 0 8 】

で求まる Q 値を信号対雑音比係数として品質評価パラメータとする。

【 0 1 0 9 】

図 2 1 は図 1 7 ~ 図 2 0 に示すような手順で得られた信号対雑音比係数の実験データ例を示す。一例として、10 G b i t / s の N R Z 信号を用い、電気サンプリングを用いた。alpha の値は 0. 3 とした。横軸が測定したビット誤り率 (B E R) から換算した Q 値であり、雑音による実際の光信号品質変化を表している。縦軸が図 1 7 ~ 図 2 0 のアルゴリズムで求めた信号対雑音比係数である。

【 0 1 1 0 】

図 2 0 は、図 1 5 および図 1 7 ~ 図 2 0 で述べた光信号品質モニタを利用した信号対雑音比係数が雑音劣化を知るためのパラメータとして利用できることを示しており、経路切替を行う上での監視情報として利用できることを示している。

【 0 1 1 1 】

図 2 2 は波長分散の影響がある場合の実験データ例を示す。上記図 2 1 の場合と同様に、10 G b i t / s の N R Z 信号を用い、電気サンプリングを用いた。alpha の値は 0. 3 とした。横軸が測定したビット誤り率 (B E R) から換算した Q 値であり、雑音による実際の光信号品質変化を表している。縦軸が図 1 7 ~ 図 2 0 のアルゴリズムで求めた信号対雑音比係数である。図 2 2 中の三角のプロットは光信号の受ける波長分散値が 0 p s / n m の場合を示しており、円のプロットは光信号の受ける波長分散値が 1 4 0 0 p s / n m の場合を示している。

【 0 1 1 2 】

図 2 2 は、光信号品質モニタを利用した信号対雑音比係数が、波長分散による波形歪みに対しても感度があること、および波長分散による波形歪みがある状態

での雑音劣化に対しても感度があることを示している。

【0113】

(第7の実施形態)

図23の(A), (B)は本発明の第7の実施形態の光ネットワークの構成を示す。特に、本実施形態では、光送受信端局間で光増幅中継を行う場合に障害区間を光増幅中継区間単位で同定する例を示す。図23の(A)は予備回線510を備えるリング構成の光ネットワークであり、光ADMリングなどもこれに含まれる。また、図23の(B)はメッシュ構成の光ネットワークである。

【0114】

図23の(A), (B)のどちらの場合も、光ネットワークを構成する各光ノード502は、それぞれ1対または複数対の光信号送信端局および光信号受信端局(送受信端局504)を含んでおり、ある光ノードの光送受信端局104と他の光ノードの光送受信端局104との間で光信号は終端される。また、光ノード502において光信号がスルーされる場合も含まれる。

【0115】

上述の第6の実施形態と同様に、光信号受信端局において光信号監視を行い、光送受信端局間の制御チャネルを利用して監視情報を光信号送信端局に送り、障害区間の同定を行う。

【0116】

図24に、図23の光送受信端局504の内部構成例を示す。ここで、図13の第6実施形態と同様な機能を有する構成部分は同一符号を付すこととする。ある光信号送信端局602の光送信器604において光レイヤに収容された光信号は、経路切替部606を介して伝送路212に送信される。そして、光信号受信端局216において入力した光信号の一部を利用して、光信号監視部220において光信号監視を行う。光信号監視部220は、信号対雑音比係数測定部222と初期状態記憶部224と光信号品質評価部226とで構成され、後述の図26に示すような手順で障害区間の同定を行う。

【0117】

ここで、光分岐器218は前述の本発明の第1～第5の実施形態における図1

～図 5 の構成において電気信号処理部 1 9、2 6 を除く構成部分とする。そして、光信号監視部 2 2 0 が前述の本発明の第 1 ～第 5 の実施形態における電気信号処理部 1 9、2 6 中の品質評価パラメータの評価を実行する部分である。

【0 1 1 8】

図 2 5 は図 2 4 の光増幅中継系 5 0 6 の内部構成例を示す。光増幅中継系 5 0 6 は、伝送路 2 1 2 を伝送されてきた光信号を増幅する光増幅器 7 1 6 と、増幅された光信号の一部を取り出す光分岐器 7 1 8 と、分岐された光信号の監視を行う光信号監視部 7 2 0 と、光信号監視部 7 2 0 からの監視情報を制御チャネル 2 1 2 を介して光信号送信端局 6 0 2 側へ送信する監視情報制御部 7 2 8 とを有する。光増幅後の光分岐器 7 1 8 により分岐した光信号を光信号監視部 7 2 0 で処理することにより監視情報を得る。ここで、光分岐器 7 1 2 は光増幅器 7 1 6 の前段に用いても良い。

【0 1 1 9】

光信号監視部 7 2 0 は、光信号受信端局 2 1 6 の光信号監視部 7 2 0 と同様に、信号対雑音比係数測定部 7 2 2 と初期状態記憶部 7 2 4 と光信号品質評価部 7 2 6 とで構成され、後述の図 2 6 に示すような手順で障害区間の同定を行う。

【0 1 2 0】

次に、図 2 6 のフローチャートを参照して、本発明の第 7 の実施形態における動作手順を説明する。なお、図 1 4 の第 6 の実施形態におけると同様な内容の手順に対しては、同一のステップ番号を付した。

【0 1 2 1】

ステップ S 1 : 光信号受信端局 2 1 6 と光増幅中継系 5 0 6 において、障害がない状態のシステム導入時に信号対雑音比係数測定部 2 2 2、7 2 2 において信号対雑音比係数を測定する。

【0 1 2 2】

ステップ S 2 : ステップ S 1 で測定した信号対雑音比係数をそれぞれの初期状態記憶部 2 2 4、7 2 4 において記憶する。

【0 1 2 3】

ステップ S 3 : システム運用開始後は、光信号受信端局 2 1 6 と光増幅中継系

5 0 6 において、信号対雑音比係数測定部 2 2 2、7 2 2 において一定の時間間隔で信号対雑音比係数を測定する。

【 0 1 2 4 】

ステップ S 4 : 信号対雑音比係数を測定するごとに、それぞれの光信号品質評価部 2 2 6、7 2 6 においてその信号対雑音比係数の値と初期状態記憶部 2 2 4、7 2 4 の値と比較する。

【 0 1 2 5 】

ステップ S 5 : 光信号品質評価部 2 2 6、7 2 6 は、初期状態からの信号対雑音比係数値の変化を監視情報としてそれぞれの監視情報制御部 2 2 8、7 2 8 に伝える。ここで、信号対雑音比係数値の変化の度合いから障害が発生したことを認識した場合は、経路切替が必要な旨の警報情報も監視情報として伝える。

【 0 1 2 6 】

ステップ S 6 : それぞれの監視情報制御部 2 2 8、7 2 8 は制御チャネル 2 1 4 を用いて監視情報を光信号送信端局 6 0 2 側の監視情報制御部 6 1 0 に伝える。

【 0 1 2 7 】

ステップ S 7 1 : 光信号送信端局 6 0 2 の監視情報制御部 6 1 0 は、光信号受信端局 2 1 6 や光増幅中継系 5 0 6 の監視情報制御部 2 2 8、7 2 8 から送られてくる監視情報を障害区間同定部 6 1 2 に伝える。

【 0 1 2 8 】

ステップ S 7 2 : 光信号送信端局 6 0 2 の障害区間同定部 6 1 2 は各光増幅中継系 5 0 6 や光信号受信端局 2 1 6 から送られてくる監視情報から、どの区間で信号劣化が生じたかを認識する。

【 0 1 2 9 】

なお、この場合も本発明の第 1 実施形態と同様に経路切替を同時に行うこともできる。その場合は、

ステップ S 7 3 : 光信号送信端局 6 0 2 の監視情報制御部 6 1 0 は、各光増幅中継系 5 0 6 や光信号受信端局 2 1 6 から送られてくる監視情報に基づいて必要に応じて経路切替を行う旨を経路切替部 6 0 6 に伝える。

【 0 1 3 0 】

ステップ S 8 : 経路切替部 6 0 6 は監視情報制御部 6 1 0 の指示に従って伝送路 2 1 2 の経路切替を行う。

【 0 1 3 1 】

図 2 4、図 2 5 の信号対雑音比係数測定部 2 2 2、7 2 2 には参考文献 [2] の光信号品質モニタなどを用いることができる。光信号品質モニタを利用した信号対雑音比係数部の構成や測定アルゴリズムなどは本発明の第 6 の実施形態で図 1 5 ~ 図 2 0 を用いて示したとおりである。

【 0 1 3 2 】

また、本発明の第 7 の実施形態のように、光増幅中継系 5 0 6 にアナログ監視を用いる場合、分散補償のされていない光信号を監視することになるため、波長分散による波形歪みが大きい場合の雑音劣化を監視する可能性があるが、図 2 2 のデータ例に示すように、この場合にも光信号品質モニタによる信号対雑音比係数は十分利用できることがわかる。よって、光信号品質モニタによる信号対雑音比係数は障害区間の同定にも利用できる。

【 0 1 3 3 】

(第 8 の実施形態)

次に、図 2 7 ~ 図 3 0 に、本発明の第 8 の実施形態として、光信号品質モニタを行う信号対雑音比係数測定部 2 2 2、7 2 2 における信号対雑音比係数測定のアルゴリズムの他の例を示す。

【 0 1 3 4 】

図 2 7 の (A) : まず、図 1 6 のような構成を用いた光サンプリングオシロスコープ 4 1 4 による光サンプリング、または図 1 5 のような構成を用いた電気サンプリングオシロスコープ 4 0 4 による電気サンプリングにより、ある平均時間内の強度分布を求める。

【 0 1 3 5 】

図 2 7 の (B) : 得られた強度分布から振幅ヒストグラムを求める。

【 0 1 3 6 】

図 2 8 の (A) : 振幅ヒストグラムのうち強度レベルの大きい方から調べたと

きの最初の極大値をしきい値 A と定める。

【0137】

図 28 の (B) : 振幅ヒストグラムのうち強度レベルの小さい方から調べたときの最初の極大値をしきい値 B と定める。

【0138】

図 29 の (A) : 振幅ヒストグラムのうち、強度レベルがしきい値 A 以上の部分を正規分布 g_1 と仮定し、最小二乗法などによりフィッティング (近似) して、レベル 1 の平均値 m_1 と標準偏差 s_1 を求める。

【0139】

図 29 の (B) : 図 29 の (A) と同様に、振幅ヒストグラムのうち、強度レベルがしきい値 B 以下の部分を正規分布 g_0 と仮定し、最小二乗法などによりフィッティングして、レベル 0 の平均値 m_0 と標準偏差 s_0 を求める。

【0140】

図 30 : 図 29 の (A) と図 29 の (B) で求めた平均値 m_1 、 m_0 と標準偏差 s_1 、 s_0 から

【0141】

【数 6】

$$Q = |m_1 - m_0| / (s_1 + s_0) \quad \dots (6)$$

【0142】

で求まる Q 値を信号対雑音係数として光信号品質評価パラメータとする。

【0143】

上記の分布関数 g_0 、 g_1 としては、カイ二乗分布を仮定することもできる (参考文献 [4] : D. Marcuse, "Derivation of Analytical Expressions for the Bit-Error Probability in Lightwave Systems with Optical Amplifiers, " IEEE J. Lightwave Technol., Vol.8, No.12, pp1816-1823, 1990)。

【0144】

(第 9 の実施形態)

図 31 ~ 図 34 に、本発明の第 9 の実施形態として、光信号品質モニタを行う信号対雑音比係数測定部 222、722 における信号対雑音比係数測定のアアルゴ

リズムの更に他の例を示す。本実施形態はアルゴリズムにおいて、しきい値A、Bを求める部分が上述の本発明の第8の実施の形態と異なる。

【0145】

図31の(A)：まず、図16のような構成を用いた光サンプリングオシロスコープ414による光サンプリング、または図15のような構成を用いた電気サンプリングオシロスコープ404による電気サンプリングにより、ある平均時間内の強度分布を求める。

【0146】

図31の(B)：得られた強度分布から振幅ヒストグラムを求める。

【0147】

図32の(A)：振幅ヒストグラムのうち強度レベルの小さい方から調べたときの最初の極大値をしきい値Bと定める。

【0148】

図32の(B)：強度レベル最大のサンプリング点から強度レベルが小さい方に向かってサンプリング点数を積分して、

【0149】

【数7】

$$N(\text{middle}) = N(\text{total}) \times D \times M \quad \dots (7)$$

【0150】

(但し、N(total)は全サンプリング点数、

Dは光信号のデューティ比(パルス幅とタイムスロットの比)、

Mはマーク率(デジタル伝送におけるレベル1の発生確率))

で求まるサンプリング点数N(middle)と積分値が等しくなったときの、積分したサンプリング点の最小レベルをm(middle)とする。

【0151】

図33の(A)：

【0152】

【数8】

$$\text{しきい値} A = 2 \times \{m(\text{middle}) - \text{しきい値} B\} \quad \dots (8)$$

【0153】

でしきい値Aを求める。

【0154】

図33の(B)：振幅ヒストグラムのうち、強度レベルがしきい値A以上の部分を正規分布 g_1 の一部と仮定し、強度レベルがしきい値B以下の部分を正規分布 g_0 の一部と仮定し、最小二乗法などによりフィッティングして、レベル1、レベル0の平均値 m_1 、 m_0 と標準偏差 s_1 、 s_0 を求める。

【0155】

図34：図33の(B)で求めた平均値 m_1 、 m_0 と標準偏差 s_1 、 s_0 から

【0156】

【数9】

$$Q = |m_1 - m_0| / (s_1 + s_0) \quad \dots (9)$$

【0157】

で求まるQ値を信号対雑音係数として光信号品質評価パラメータとする。

【0158】

上記分布関数 g_0 、 g_1 としては、カイ二乗分布を仮定することもできる（参考文献[4]）。

【0159】

前述した本発明の第8の実施形態は、最も簡単な方法であるという利点があるが、適用の範囲がNRZ信号に限られる。これに対し、本第9の実施形態は、第3の実施形態よりも複雑であるが、NRZ信号だけでなく、RZ信号にも適用できるという利点がある。但し、上式(7)に示すように、信号パルスのデューティ比Dとマーク率Mを予め知っておく必要がある。

【0160】

(第10の実施形態)

図35～図38に、本発明の第10の実施形態として、光信号品質モニタを行う信号対雑音比係数測定部222、722における信号対雑音比係数測定のアルゴリズムの更に他の例を示す。本実施形態はアルゴリズムにおいて、しきい値A、Bを求める部分が上述の本発明の第8の実施形態および第9の実施形態と異なる。

る。

【0 1 6 1】

図 3 5 の (A) : まず、図 1 6 のような構成を用いた光サンプリングオシロスコープ 4 1 4 による光サンプリング、または図 1 5 のような構成を用いた電気サンプリングオシロスコープ 4 0 4 による電気サンプリングにより、ある平均時間内の強度分布を求める。

【0 1 6 2】

図 3 5 の (B) : 得られた強度分布から振幅ヒストグラムを求める。

【0 1 6 3】

図 3 6 の (A) : 振幅ヒストグラムのうち強度レベルの小さい方から調べたときの最初の極大値をしきい値 B と定める。

【0 1 6 4】

図 3 6 の (B) : 振幅ヒストグラムのうち、強度レベルがしきい値 B 以下の部分を正規分布 g_0 の一部と仮定し、最小二乗法などによりフィッティングして、レベル 0 の平均値 m_0 と標準偏差 s_0 をそれぞれ求める。

【0 1 6 5】

図 3 7 の (A) : 振幅ヒストグラム全体から図 3 6 の (B) で求めた関数 g_0 を差し引いた分布 $g_1 x$ を求め、分布 $g_1 x$ のうちで強度レベルの大きい方から調べたときの最初の最大値をしきい値 A と定める。 $g_1 x$ は、レベル 1 の分布関数 g_1 とクロスポイントの分布関数 g_x を重ね合わせと考えられる。

【0 1 6 6】

図 3 7 の (B) : 分布 $g_1 x$ のうちで強度レベルがしきい値 A 以上の部分を正規分布 g_1 の一部と仮定し、最小二乗法などによりフィッティングして、レベル 1 の平均値 m_1 と標準偏差 s_1 をそれぞれ求める。

【0 1 6 7】

図 3 8 : 図 3 7 の (B) と図 2 5 の (B) で求めた平均値 m_1 、 m_0 と標準偏差 s_1 、 s_0 から

【0 1 6 8】

【数 1 0】

$$Q = |m_1 - m_0| / (s_1 + s_0) \quad \dots (10)$$

【0169】

で求まるQ値を信号対雑音係数として光信号品質評価パラメータとする。

【0170】

上記分布関数 g_0 、 g_1 としては、カイ二乗分布を仮定することもできる（参考文献[4]）。

【0171】

本第10の実施形態は、前述の第9の実施形態よりも複雑であるが、RZ信号にも適用でき、しかも信号パルスのデューティ比とマーク率を予め知っておく必要がないという利点がある。

【0172】

（他の実施の形態）

なお、本発明の目的は、前述した実施の形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記憶した記憶媒体を、システムあるいは装置に供給し、そのシステムあるいは装置のコンピュータ（またはCPUやMPU）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し、実行することによっても、達成されることは言うまでもない。この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が前述した実施の形態の機能を実現することになり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。そのプログラムコードを記憶し、またテーブル等の変数データを記憶する記憶媒体としては、例えばフロッピーディスク、ハードディスクなどを用いことができる。

【0173】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明は、信号ビットレート、信号形式および変調形式によらず単一の回路で雑音劣化や波形歪みなどの光信号品質劣化を監視する方法を、光波長分割分離手段を用いることにより、N波長の光波長分割多重信号に拡張したものであり、光信号強度分布を基に光信号品質パラメータを評価する電気信号処理に波長依存性がないため、電気信号処理手段は1系統にでき、装置規模の小型化が得られる効果が得られる。

【 0 1 7 4 】

また、本発明によれば、被測定対象である光波長分割多重信号のビットレート、信号形式および変調形式によらず、単一の回路で雑音劣化や波形歪みなどの光信号品質劣化を監視できる。

【 0 1 7 5 】

また、本発明では、非線形光学媒質を使用した場合、非線形光学媒質はそれぞれ入射する光信号の波長に適用できれば良く、広波長帯域性は要求されない。また、その非線形光学媒質はすべての光信号波長に適用できねばならない（広波長帯域性）が、光合波手段、非線形光学媒質、光電変換手段の数が一つでよいので構成が簡易化できる。

【 0 1 7 6 】

また、本発明では、光サンプリング法を用いることで、電気サンプリングを用いる方法に比べて適用できる光信号ビットレートが広範囲となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施形態における光波長分割多重信号監視装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】

本発明の第 2 の実施形態における光波長分割多重信号監視装置の構成を示すブロック図である。

【図 3】

本発明の第 3 の実施形態における光波長分割多重信号監視装置の構成を示すブロック図である。

【図 4】

本発明の第 4 の実施形態における光波長分割多重信号監視装置の構成を示すブロック図である。

【図 5】

本発明の第 5 の実施形態における光波長分割多重信号監視装置の構成を示すブロック図である。

【図 6】

従来の第 1 例の光波長分割多重信号監視装置の構成を示すブロック図である。

【図 7】

従来の第 2 例の光波長分割多重信号監視装置の構成を示すブロック図である。

【図 8】

従来の第 3 例の光波長分割多重信号監視装置の構成を示すブロック図である。

【図 9】

従来の第 4 例の光波長分割多重信号監視装置の構成を示すブロック図である。

【図 1 0】

従来の第 5 例の光波長分割多重信号監視装置の構成を示すブロック図である。

【図 1 1】

従来の第 6 例の光波長分割多重信号監視装置の構成を示すブロック図である。

【図 1 2】

本発明の第 6 の実施形態の光ネットワークの構成を示すブロック図で、（A）は予備回線を備えるリング構成の光ネットワークであり、（B）はメッシュ構成の光ネットワークである。

【図 1 3】

本発明の第 6 の実施形態における光送受信端局 1 0 4 内の構成例を示すブロック図である。

【図 1 4】

本発明の第 6 の実施形態の光信号監視システムにおける経路制御の動作手順を示すフローチャートである。

【図 1 5】

本発明の各実施形態において、電気サンプリングオシロスコープを用いる場合の信号対雑音比係数測定部の構成例を示すブロック図である。

【図 1 6】

本発明の各実施形態において、光サンプリングオシロスコープを用いる場合の信号対雑音比係数測定部の構成例を示すブロック図である。

【図 1 7】

本発明の第 6 の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムの最初の段階を示す概念図である。

【図 1 8】

図 1 7 に続く本発明の第 6 の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

【図 1 9】

図 1 8 に続く本発明の第 6 の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

【図 2 0】

図 1 9 に続く本発明の第 6 の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

【図 2 1】

図 1 7 ～図 2 0 に示すような手順で得られた信号対雑音比係数の実験データ例を示すグラフで、横軸が測定したビット誤り率から換算した Q 値であり、縦軸が図 1 7 ～図 2 0 のアルゴリズムで求めた信号対雑音比係数である。

【図 2 2】

波長分散の影響がある場合の実験データ例を示すグラフで、横軸が測定したビット誤り率から換算した Q 値であり、縦軸が図 1 7 ～図 2 0 のアルゴリズムで求めた信号対雑音比係数である。

【図 2 3】

本発明の第 7 の実施形態の光ネットワークの構成を示すブロック図で、(A) は予備回線を備えるリング構成の光ネットワークであり、(B) はメッシュ構成の光ネットワークである。

【図 2 4】

本発明の第 7 の実施形態における送受信端局の内部構成を示すブロック図である。

【図 2 5】

図 2 4 の光増幅中継系の内部構成を示すブロック図である。

【図 2 6】

本発明の第 7 の実施形態の光信号監視システムにおける障害区間同定と経路制御の動作手順を示すフローチャートである。

【図 2 7】

本発明の第 8 の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムの最初の段階を示す概念図である。

【図 2 8】

図 2 7 に続く本発明の第 8 の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

【図 2 9】

図 2 8 に続く本発明の第 8 の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

【図 3 0】

図 2 9 に続く本発明の第 8 の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

【図 3 1】

本発明の第 9 の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムの最初の段階を示す概念図である。

【図 3 2】

図 3 1 に続く本発明の第 9 の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

【図 3 3】

図 3 2 に続く本発明の第 9 の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

【図 3 4】

図 3 3 に続く本発明の第 9 の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

【図 3 5】

本発明の第 7 の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムの最初の段階を示す概念図である。

【図 3 6】

図 3 5 に続く本発明の第 7 の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

【図 3 7】

図 3 6 に続く本発明の第 7 の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

【図 3 8】

図 3 7 に続く本発明の第 7 の実施形態における信号対雑音比係数測定アルゴリズムを示す概念図である。

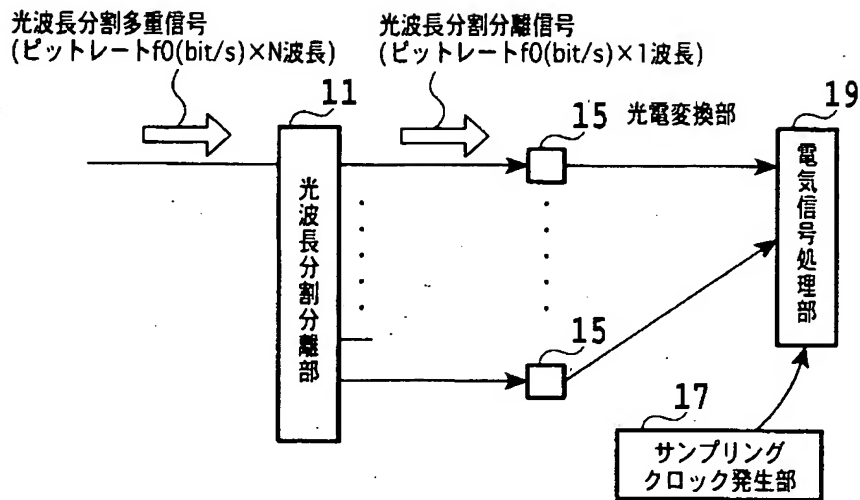
【符号の説明】

- 1 1 光波長分割分離部
- 1 5 光電変換部
- 1 7 サンプリングクロック発生部
- 1 9 電気信号処理部
- 2 1 サンプリング光パルス列発生部
- 2 2 サンプリング光パルス列分波部
- 2 3 光合波部
- 2 4 非線形光学媒質
- 2 5 光分波部
- 2 6 電気信号処理部
- 3 1 光合波部
- 4 1 選択波長制御部
- 4 2 光波長選択部
- 1 0 2、5 0 2 光ノード
- 1 0 4、5 0 4 光信号送受信端局
- 1 0 8、5 0 8 現用回線
- 1 1 0、5 1 0 予備回線
- 1 1 2、5 1 2 光信号
- 2 0 2、6 0 2 光信号送信端局

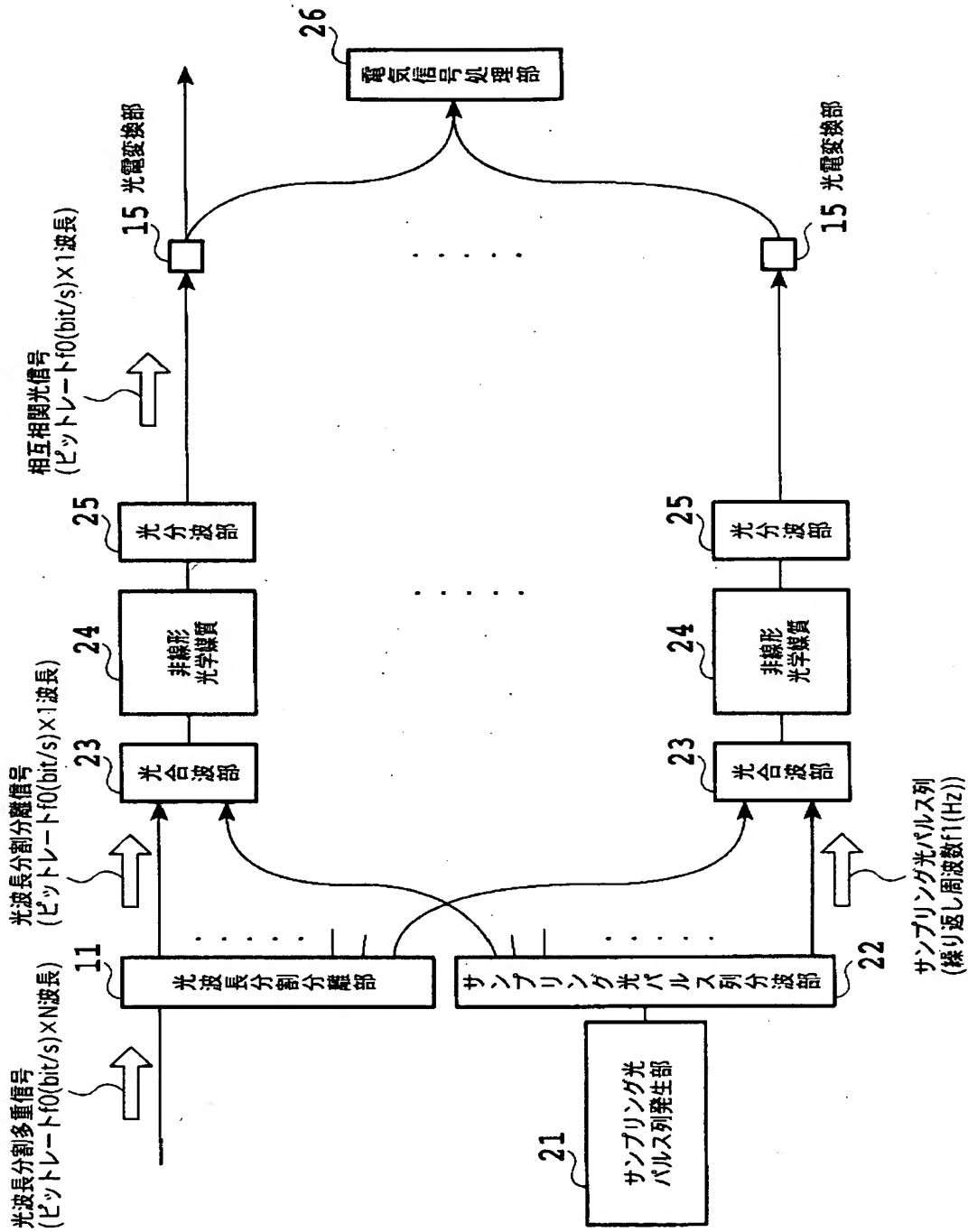
2 0 4、6 0 4 光送信器
2 0 6、6 0 6 経路切替部
2 0 8、6 0 8 スイッチ
2 1 0、6 1 0 監視情報制御部
2 1 2 伝送路
2 1 4 制御チャネル
2 1 6 光信号受信端局
2 1 8、7 1 8 光分岐器
2 2 0、7 2 0 光信号監視部
2 2 2、7 2 2 信号対雑音比係数測定部
2 2 4、7 2 4 初期状態記憶部
2 2 6、7 2 6 光信号品質評価部
2 2 8、7 2 8 監視情報制御部
2 3 0 光受信器
4 0 2 光電変換部
4 0 4 電気サンプリングオシロスコープ
4 0 6、4 1 6 信号処理部
4 0 8、4 1 8 ヒストグラム評価部
4 1 0、4 2 0 信号対雑音比係数評価部
4 1 4 光サンプリングオシロスコープ
5 0 6 光増幅中継系
6 1 2 障害区間同定部
7 1 6 光増幅器

【書類名】 図面

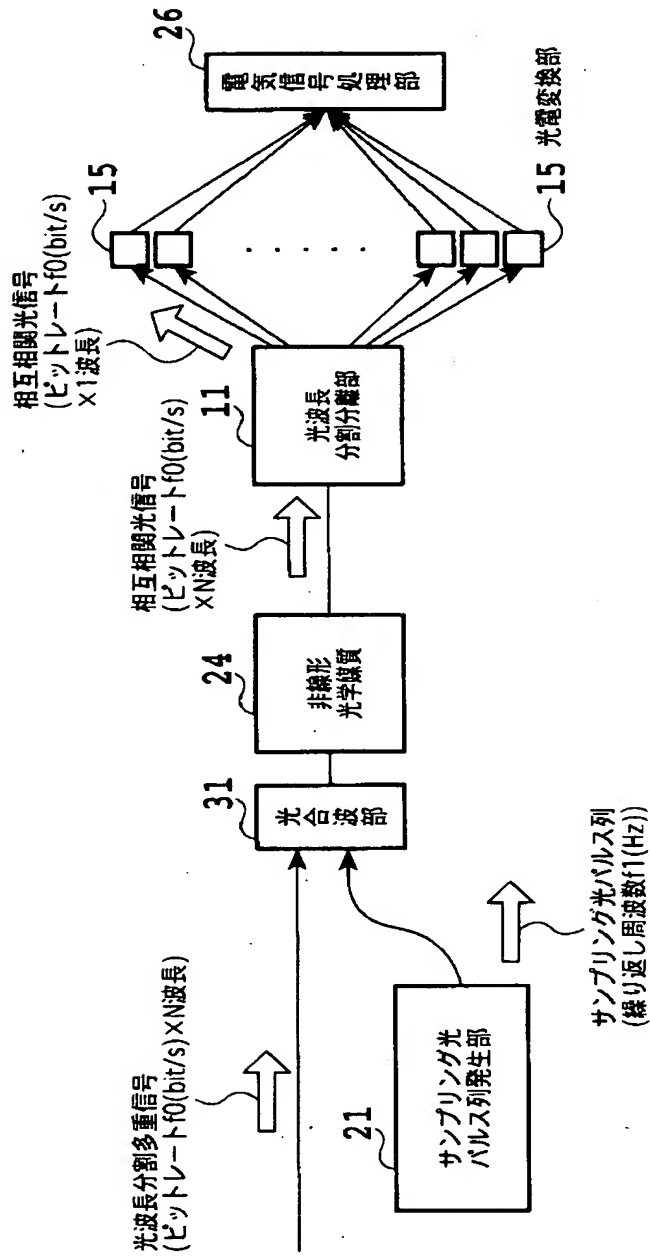
【図 1】



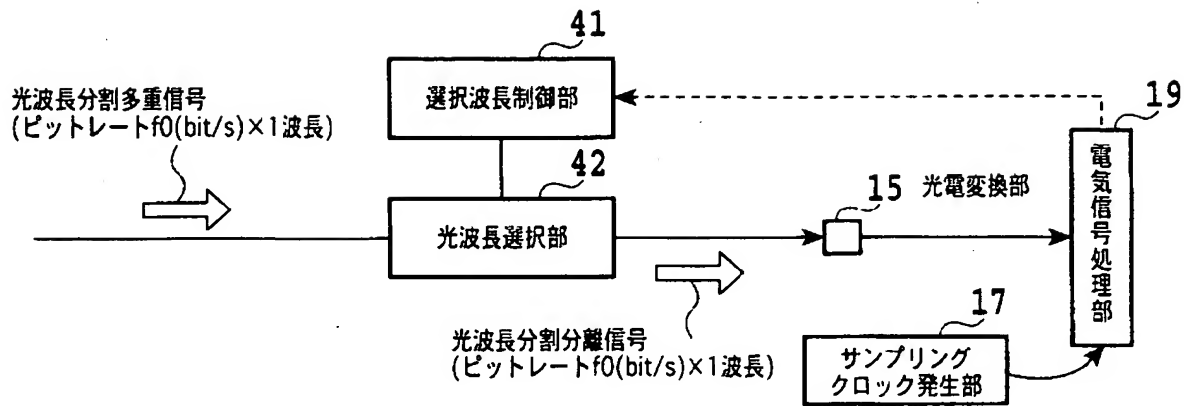
【図 2】

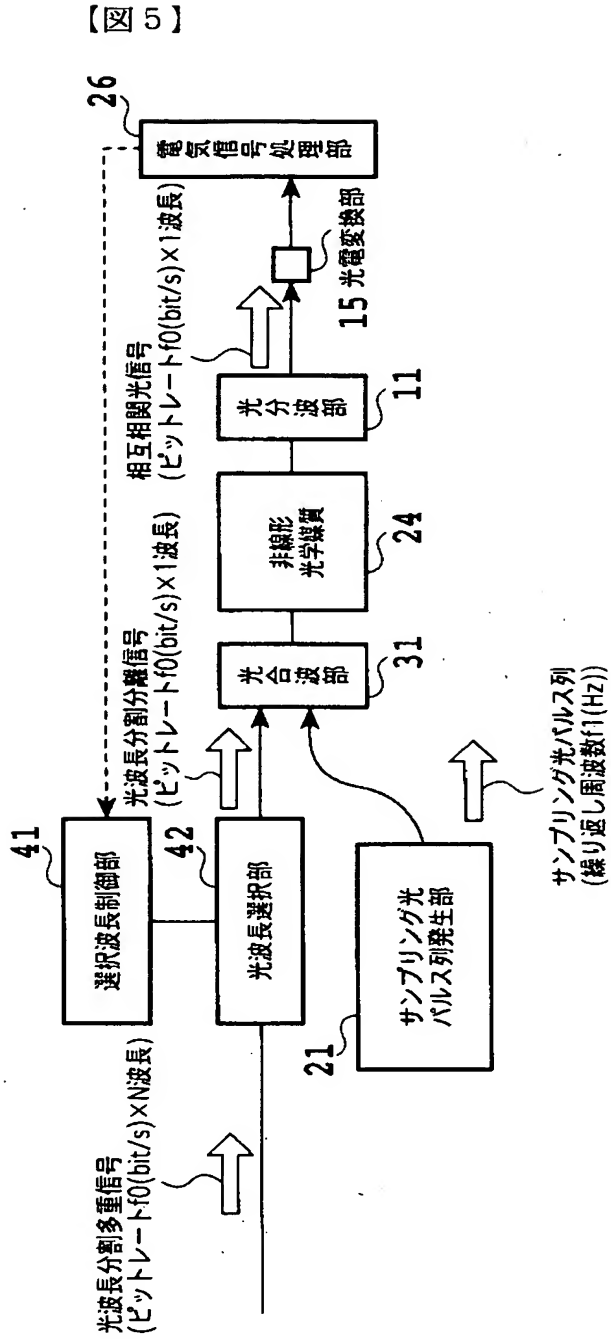


【図3】

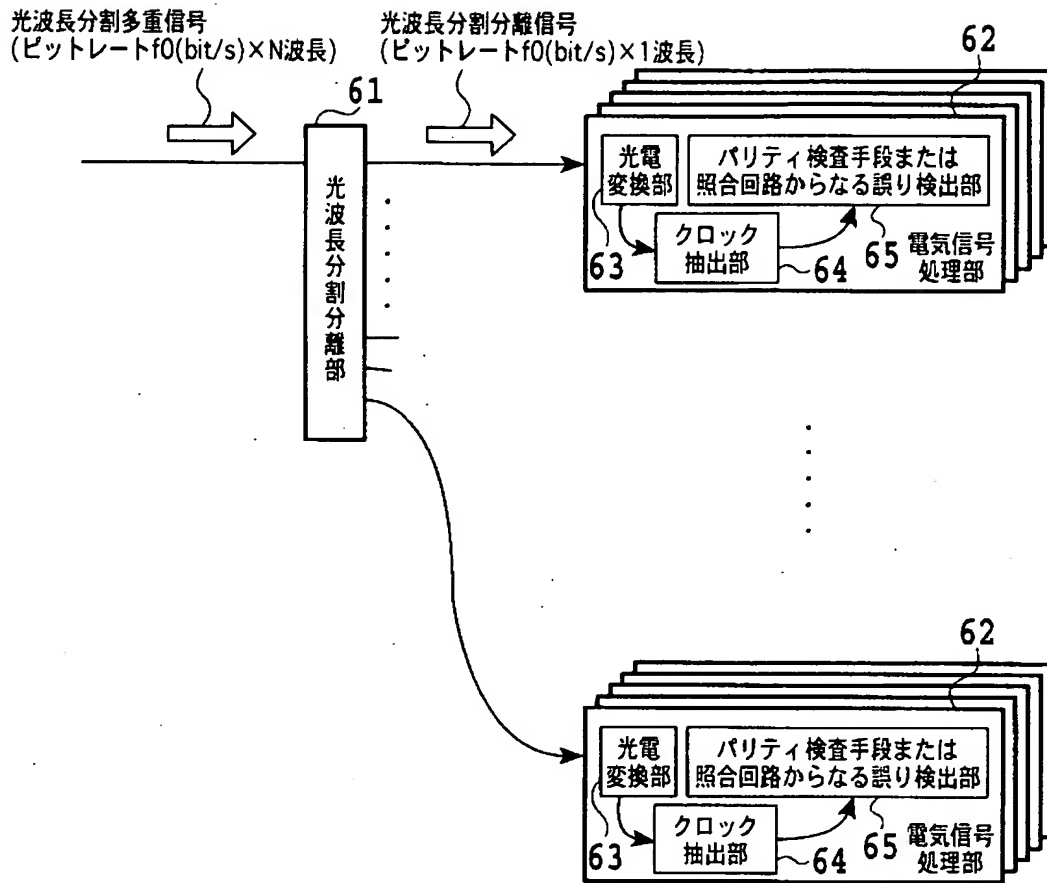


【図 4】

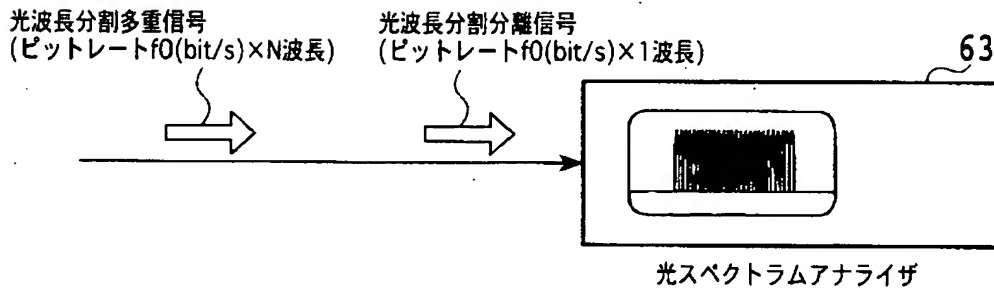




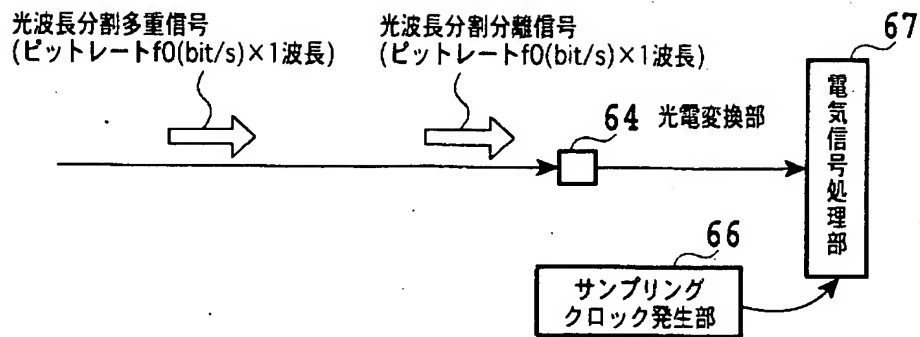
【図 6】



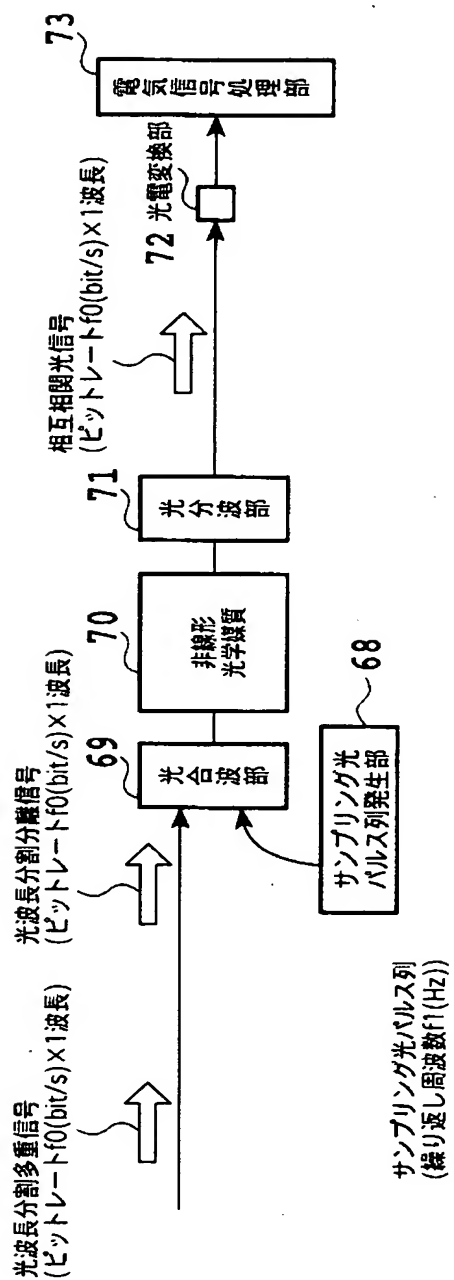
【図 7】



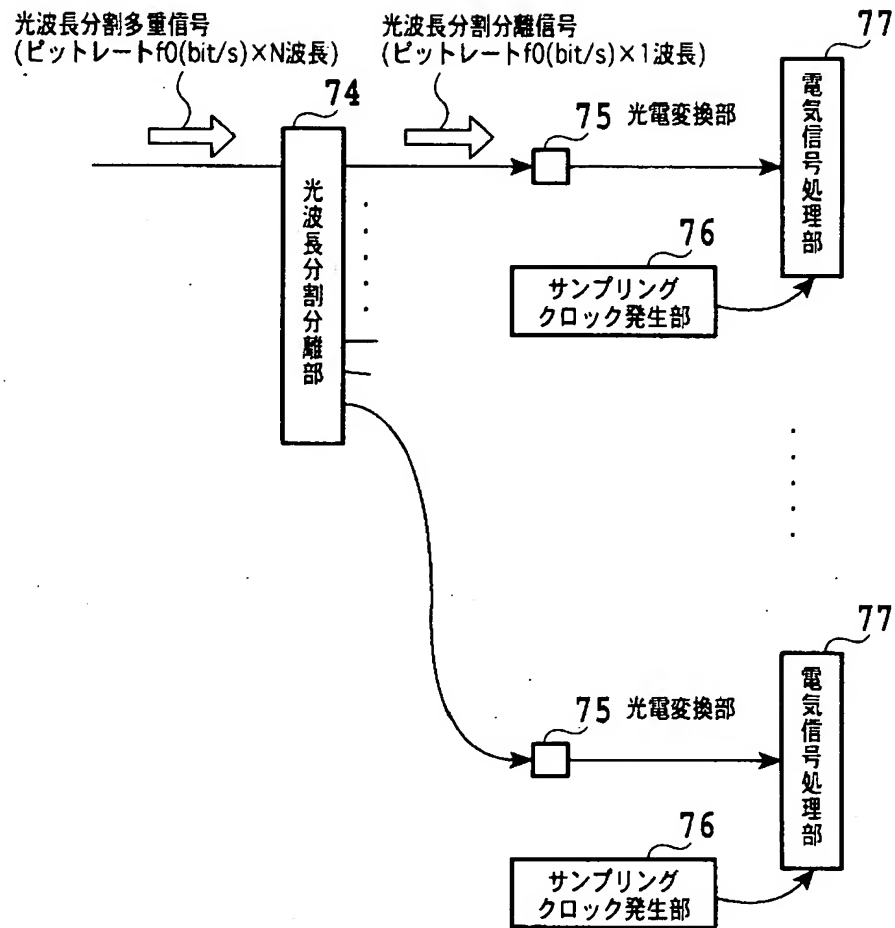
【図 8】



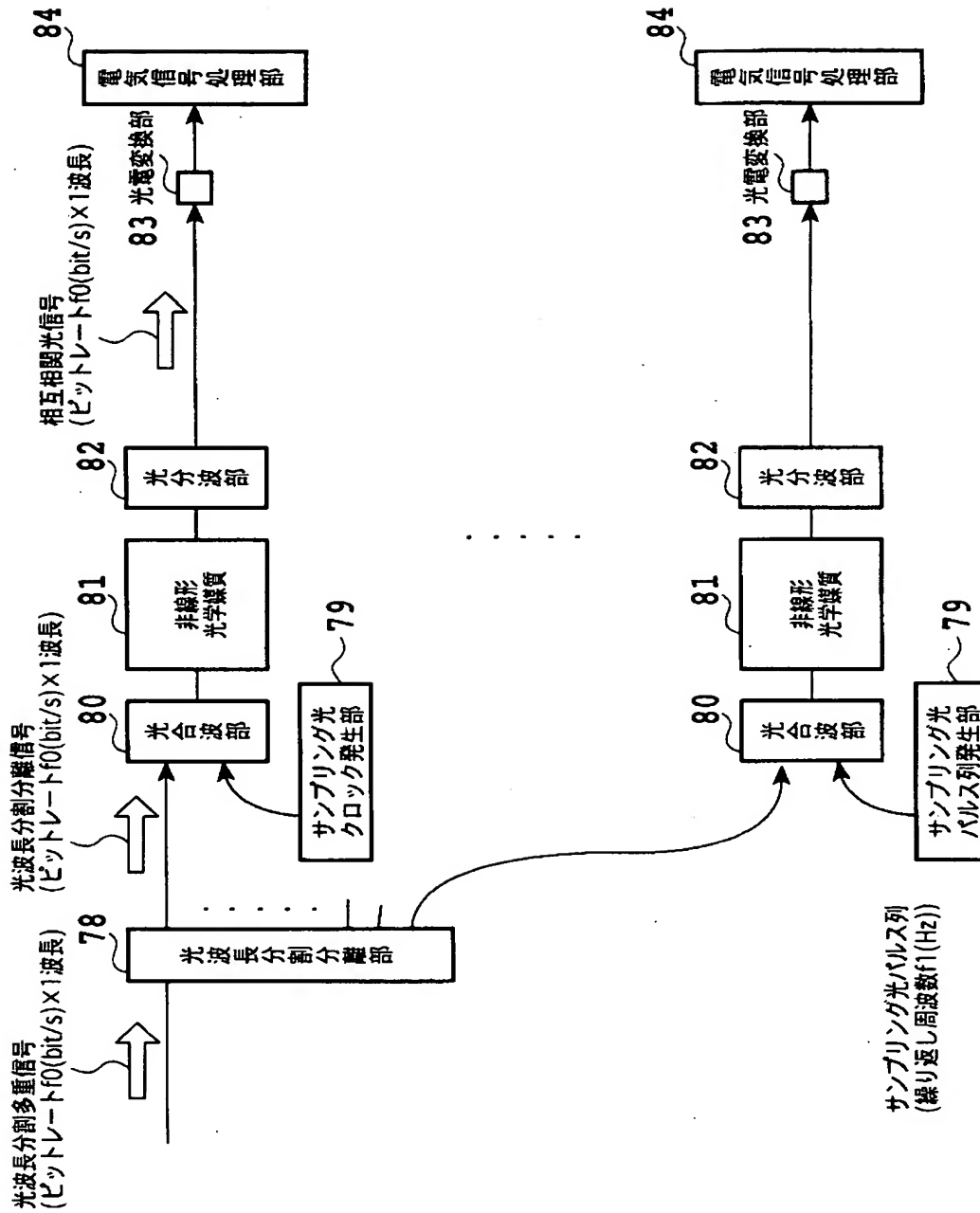
【図9】



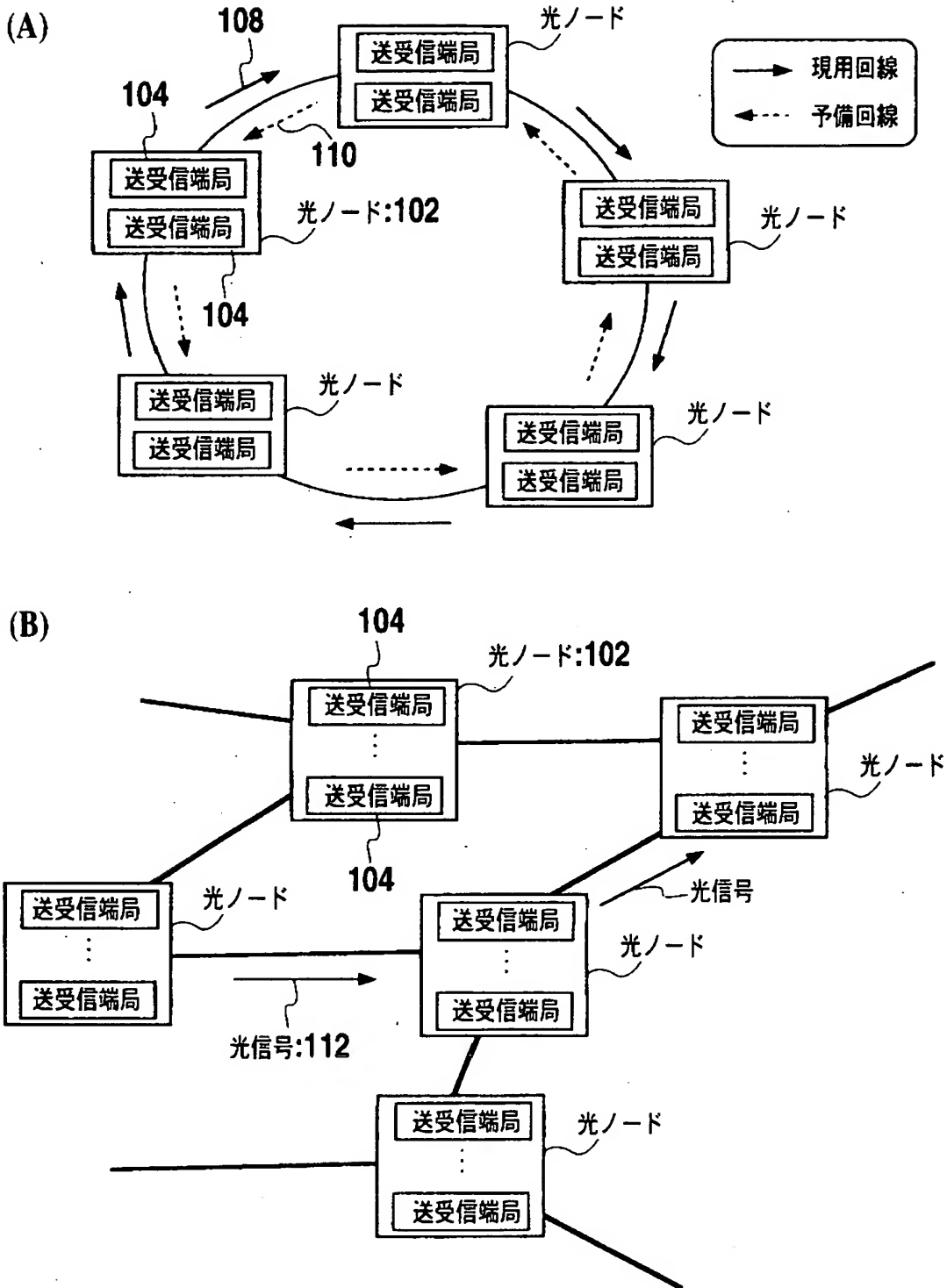
【図 10】



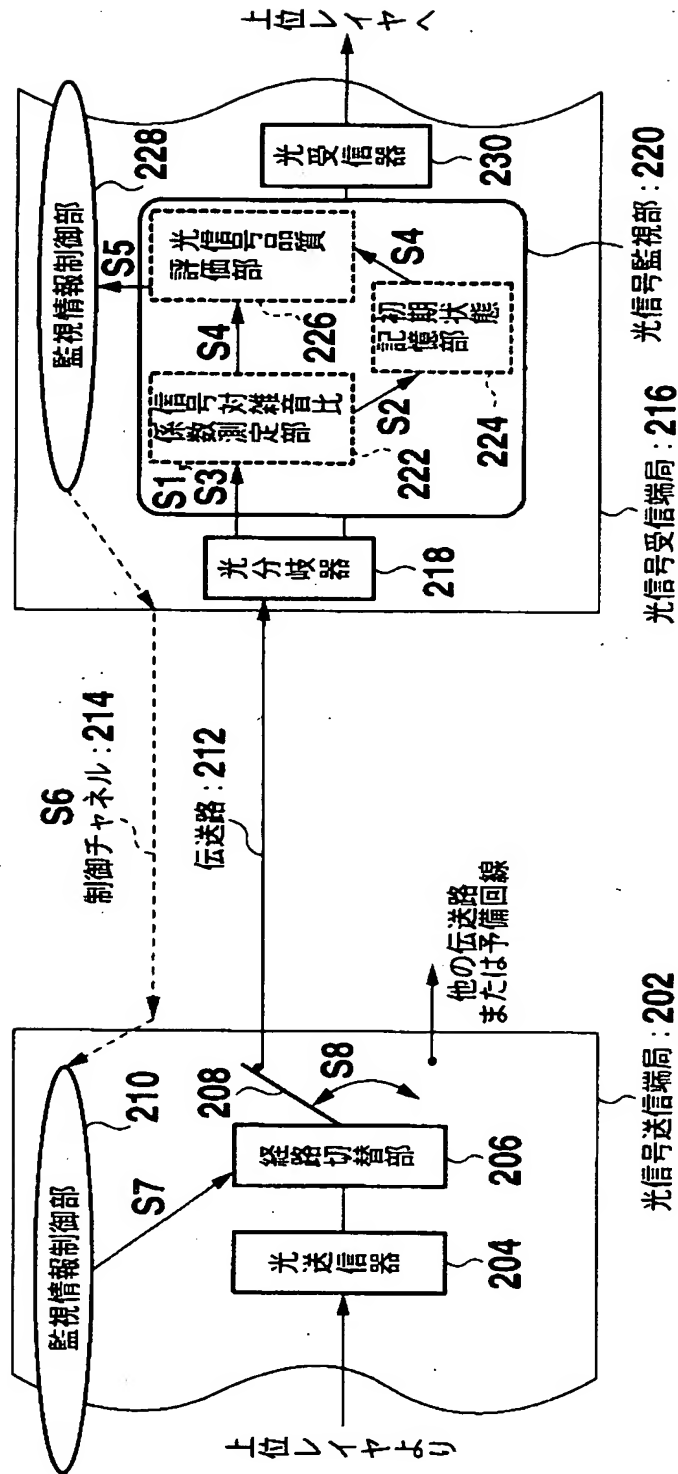
【図 11】



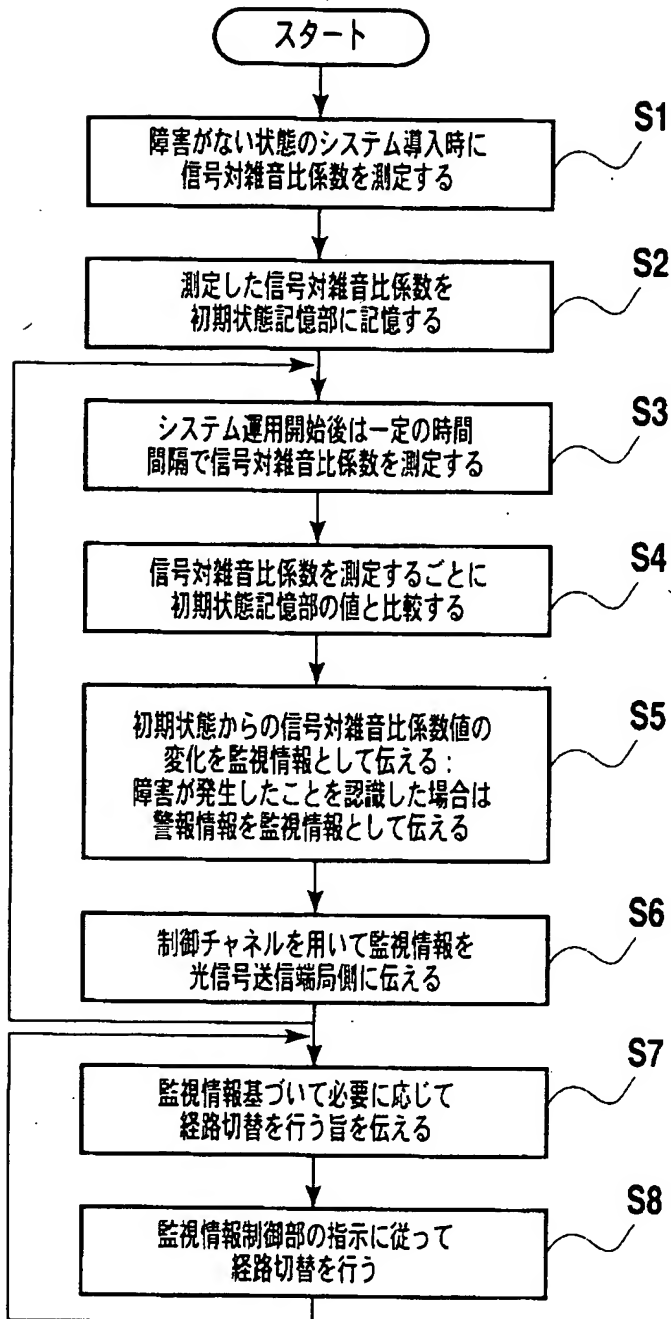
【図 1 2】



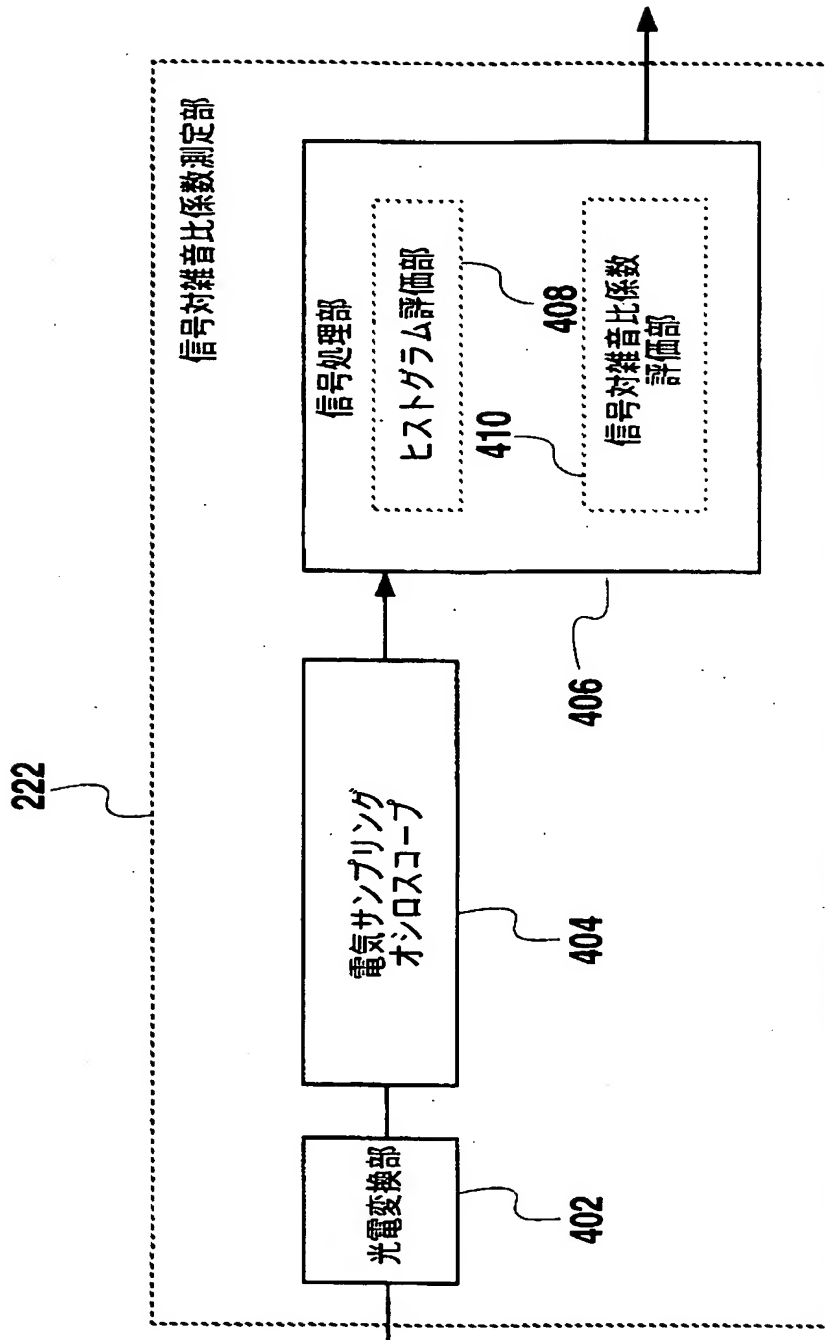
【図13】



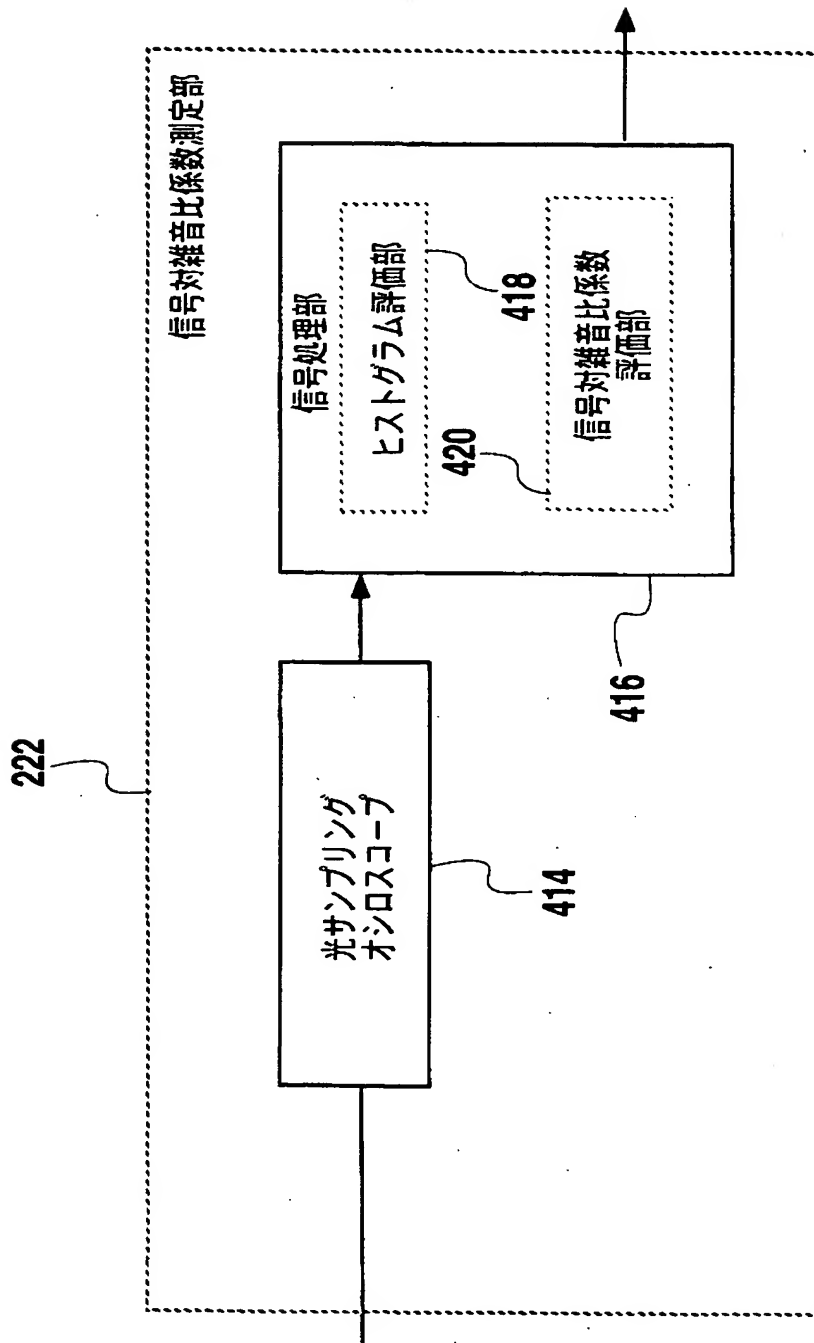
【図 1 4】



【図 15】

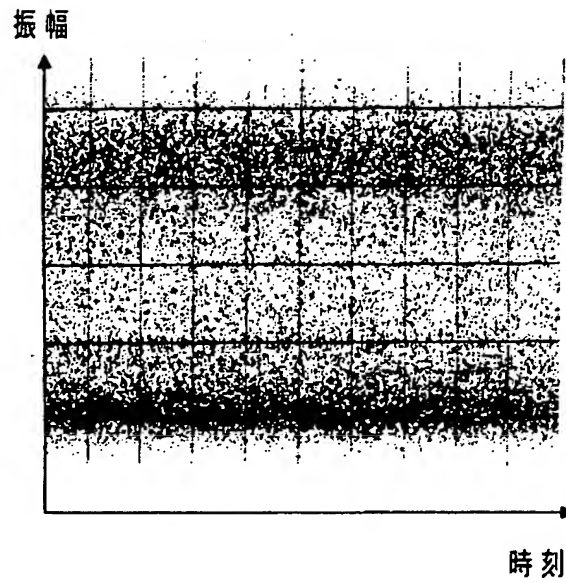


【図 16】

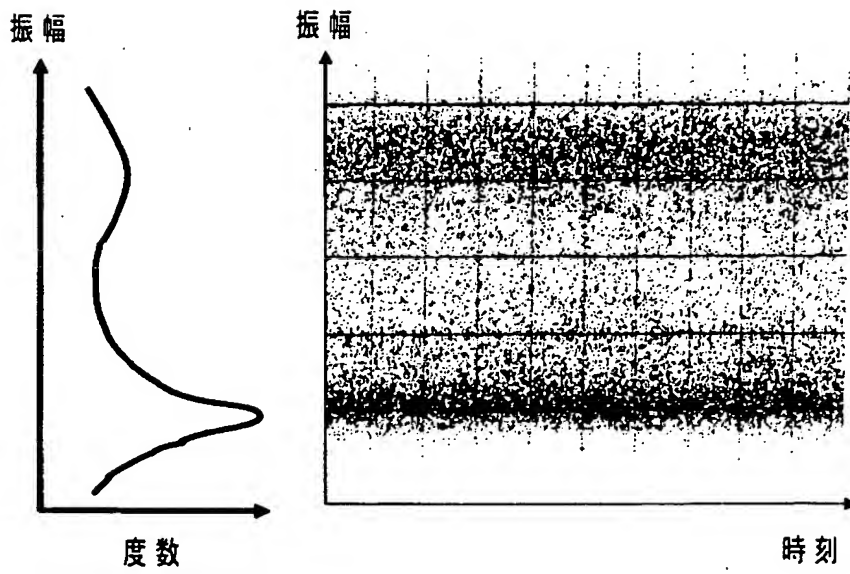


【图 1 7】

(A)

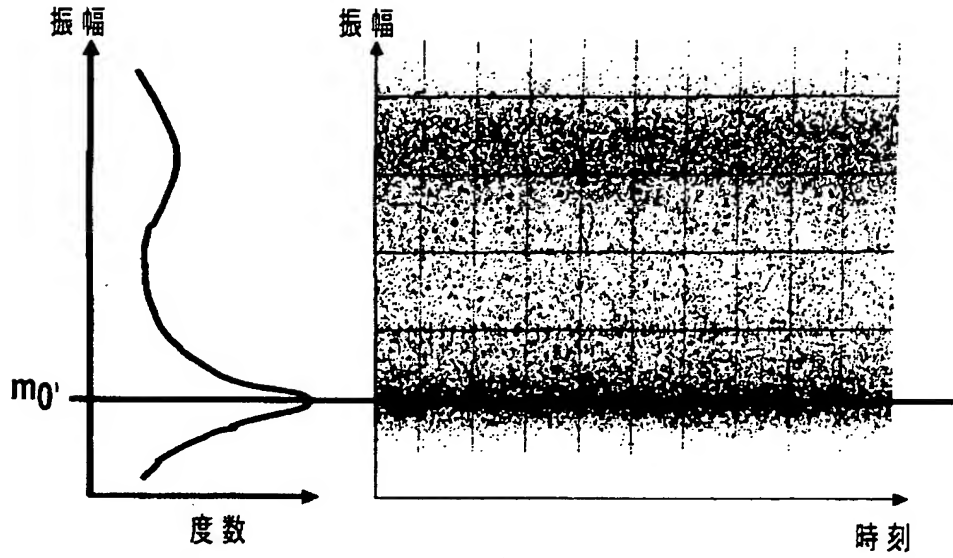


(B)

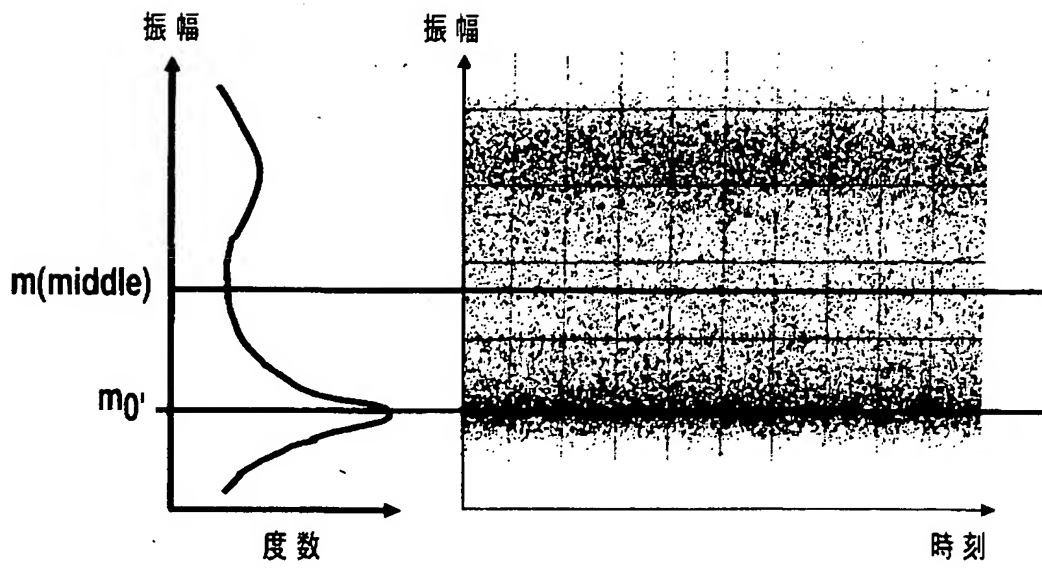


【图 18】

(A)

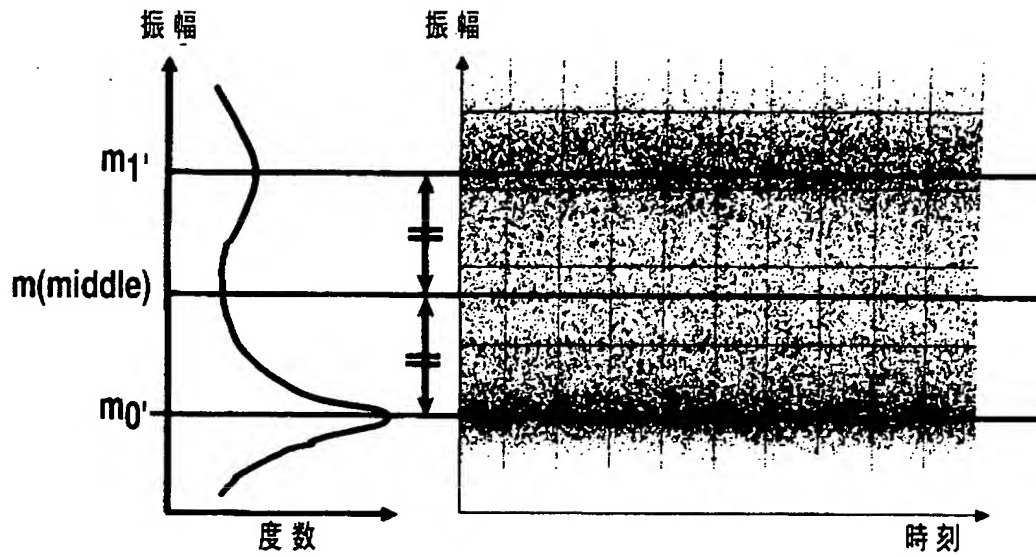


(B)

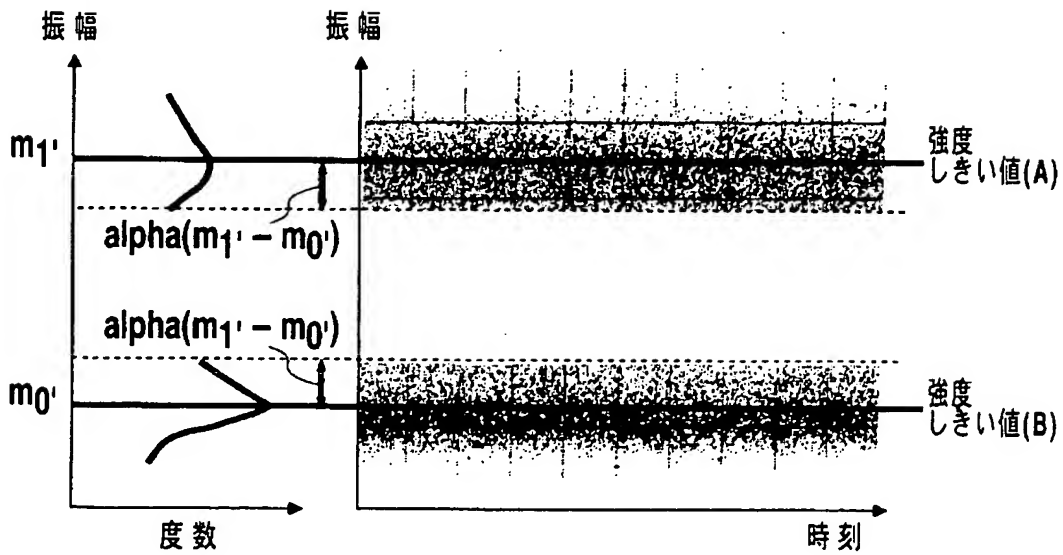


【図 19】

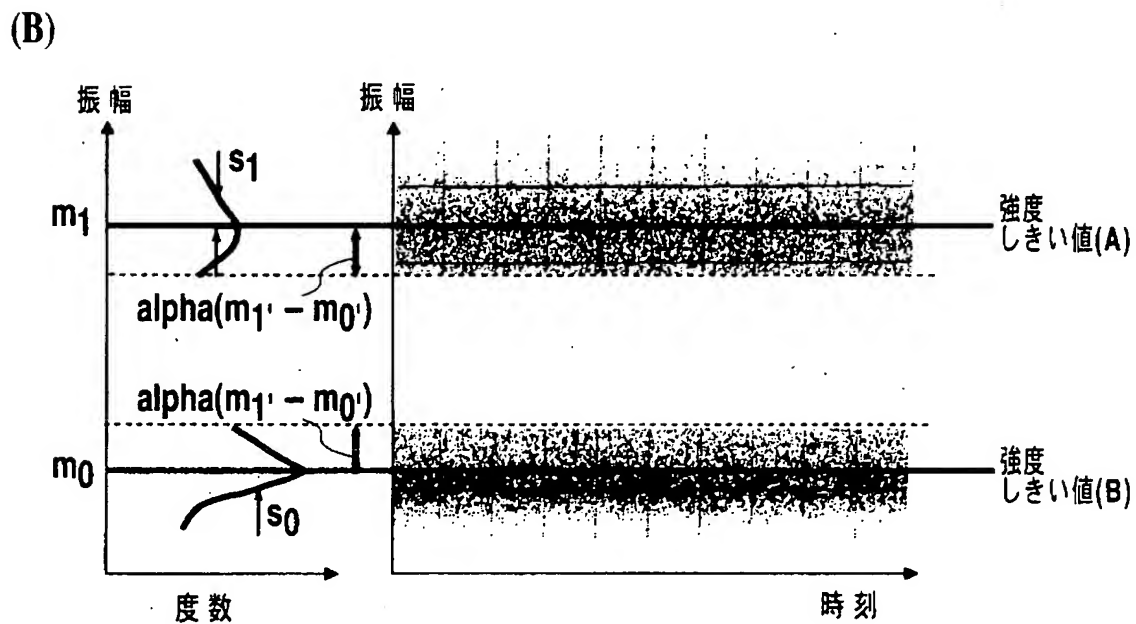
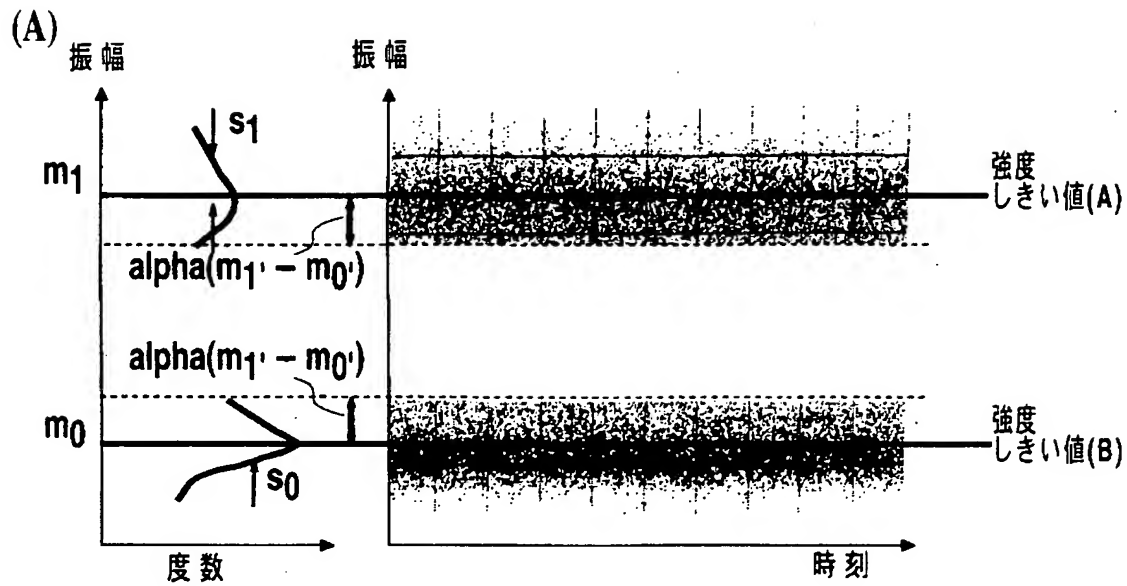
(A)



(B)

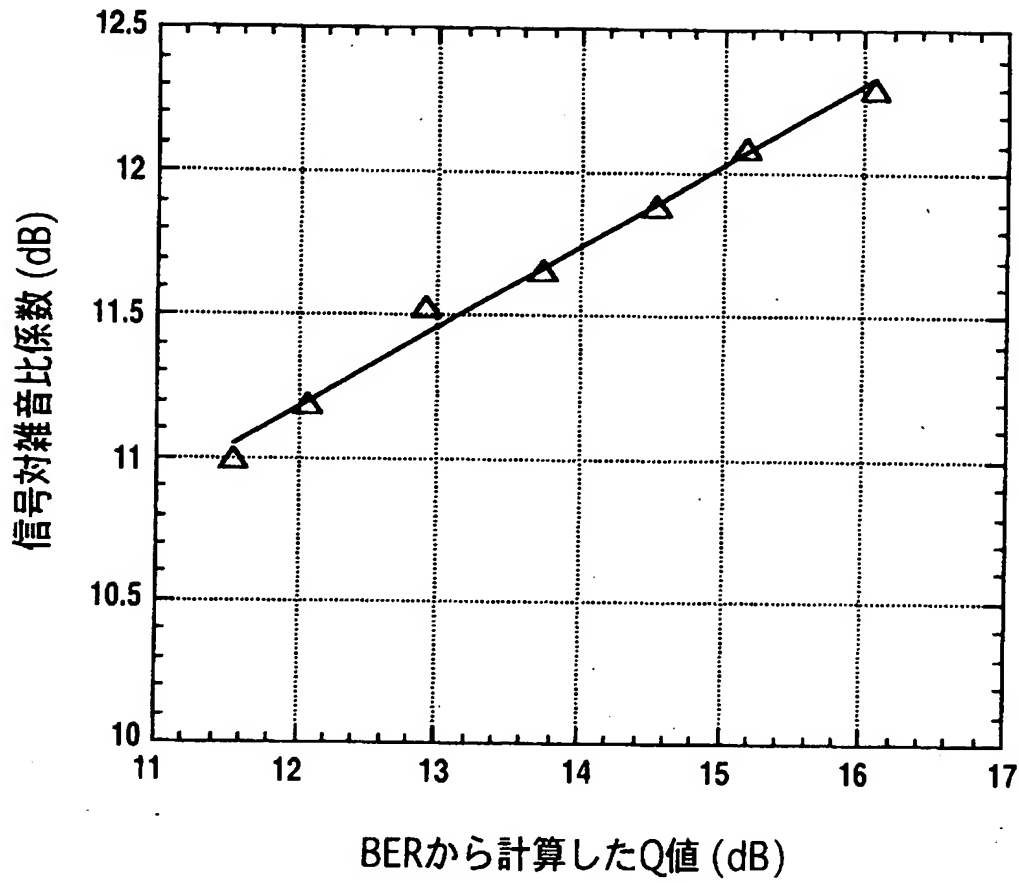


【図 2 0】

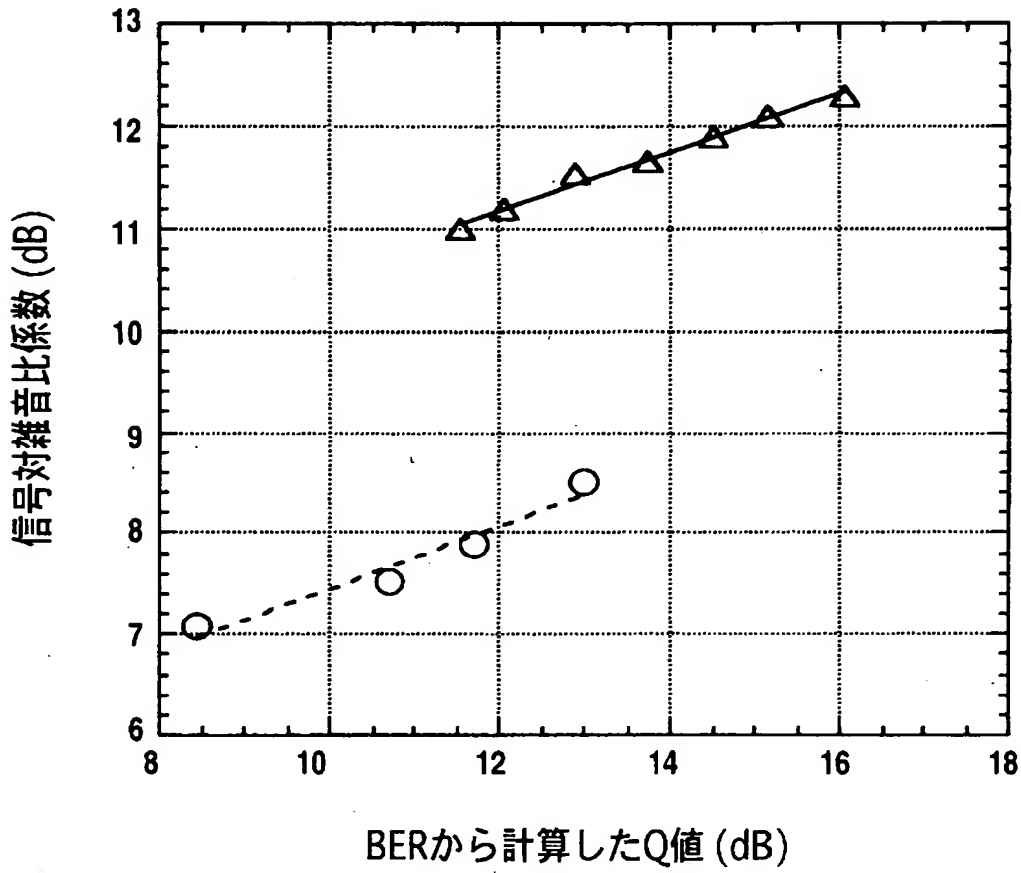


$$Q = |m_1 - m_0| / (s_1 + s_0)$$

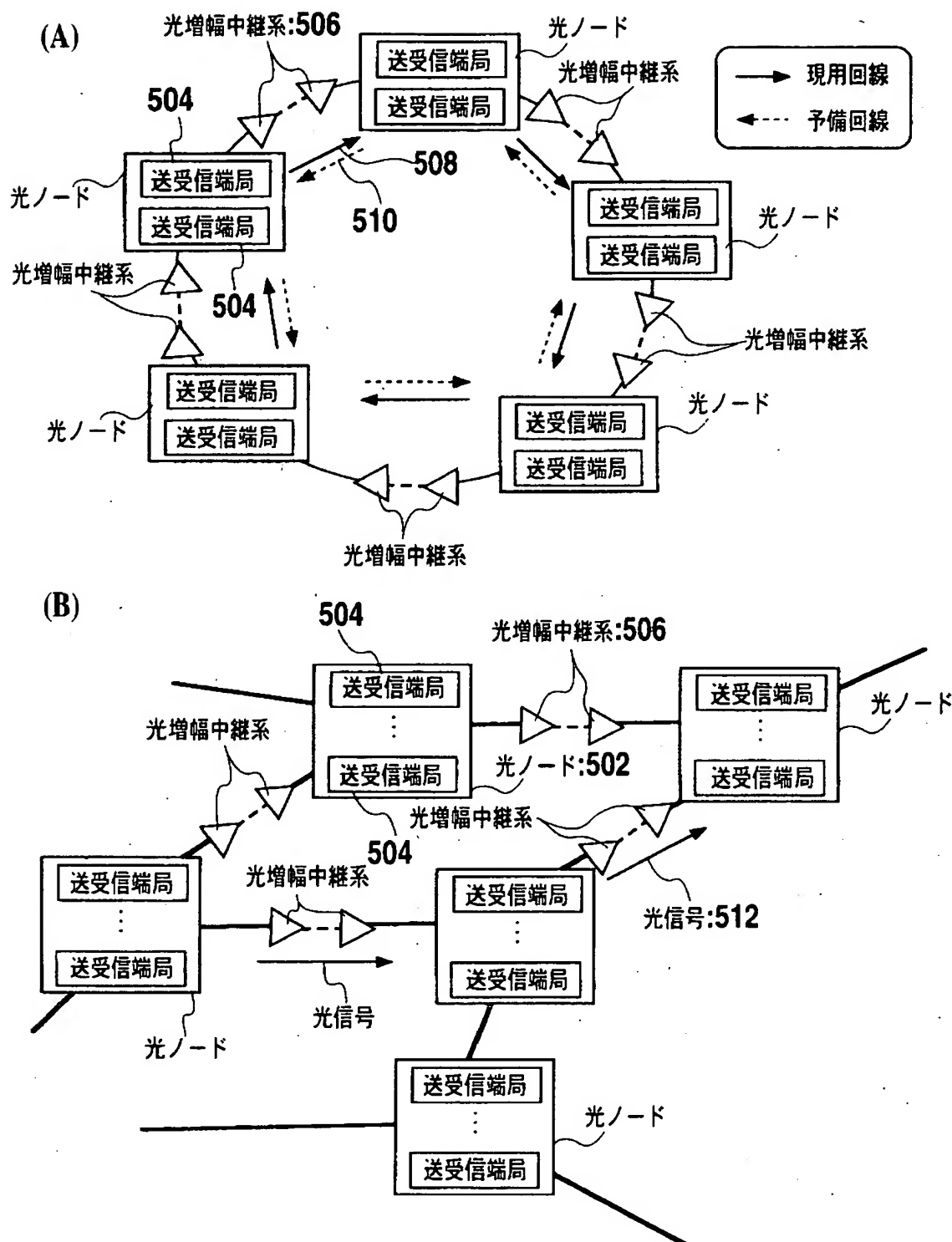
【図 2 1】



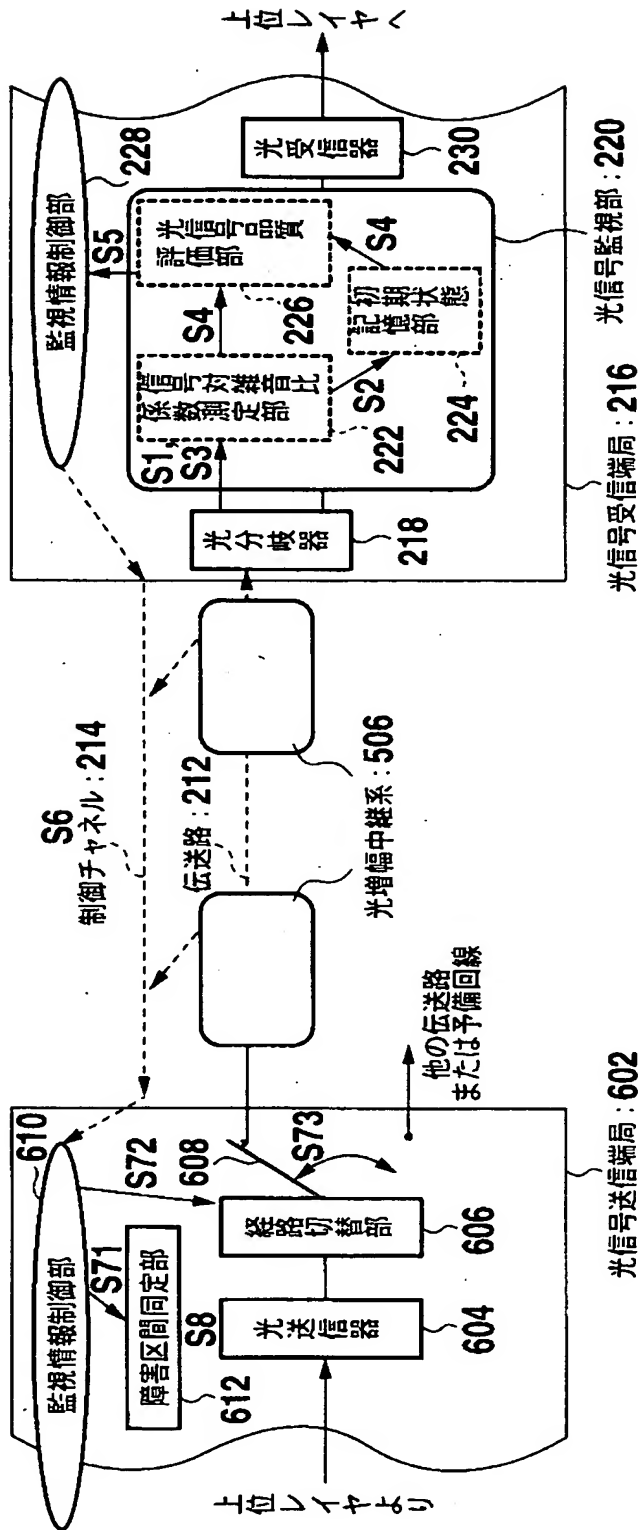
【図 2 2】



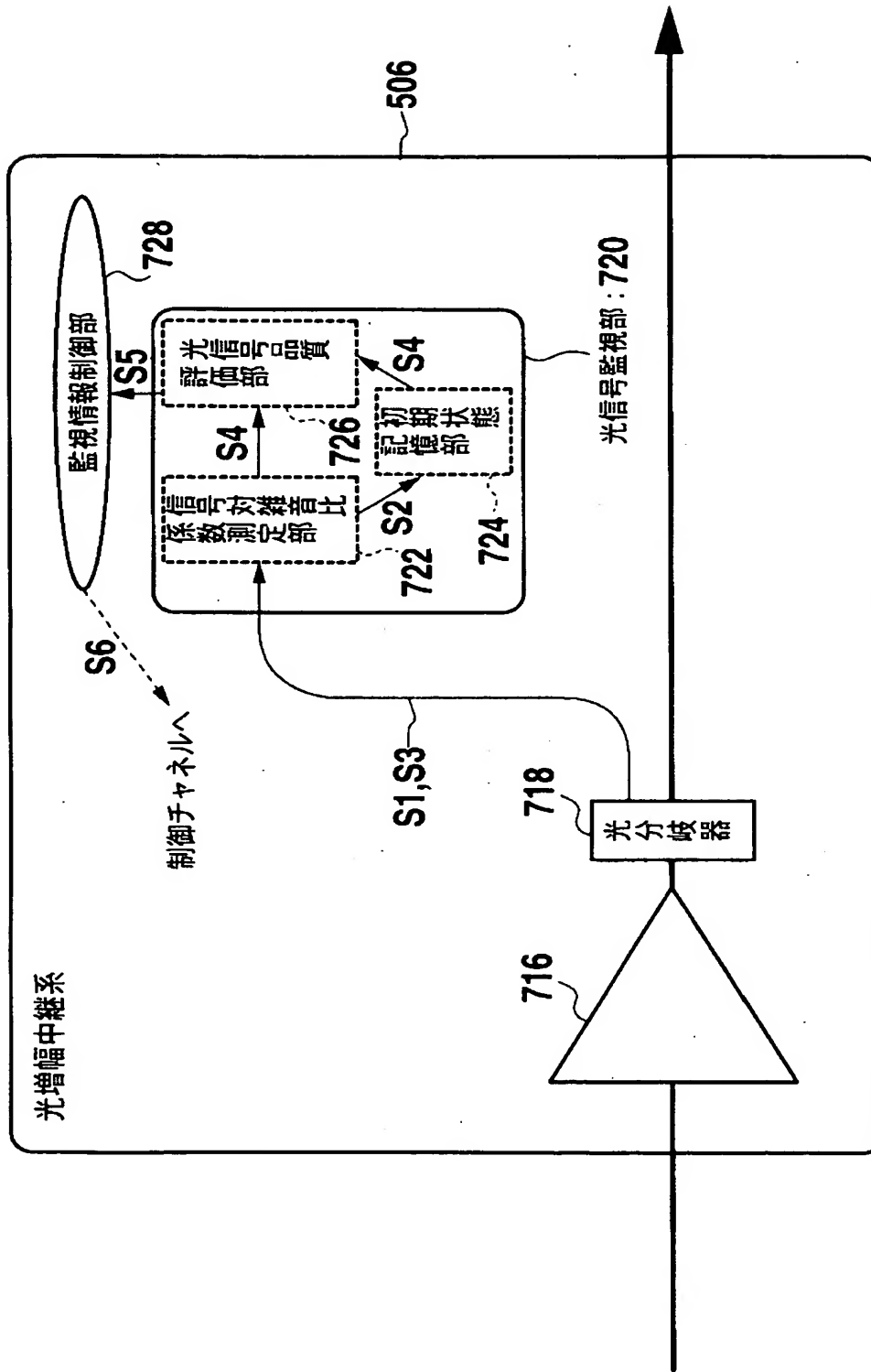
【図 23】



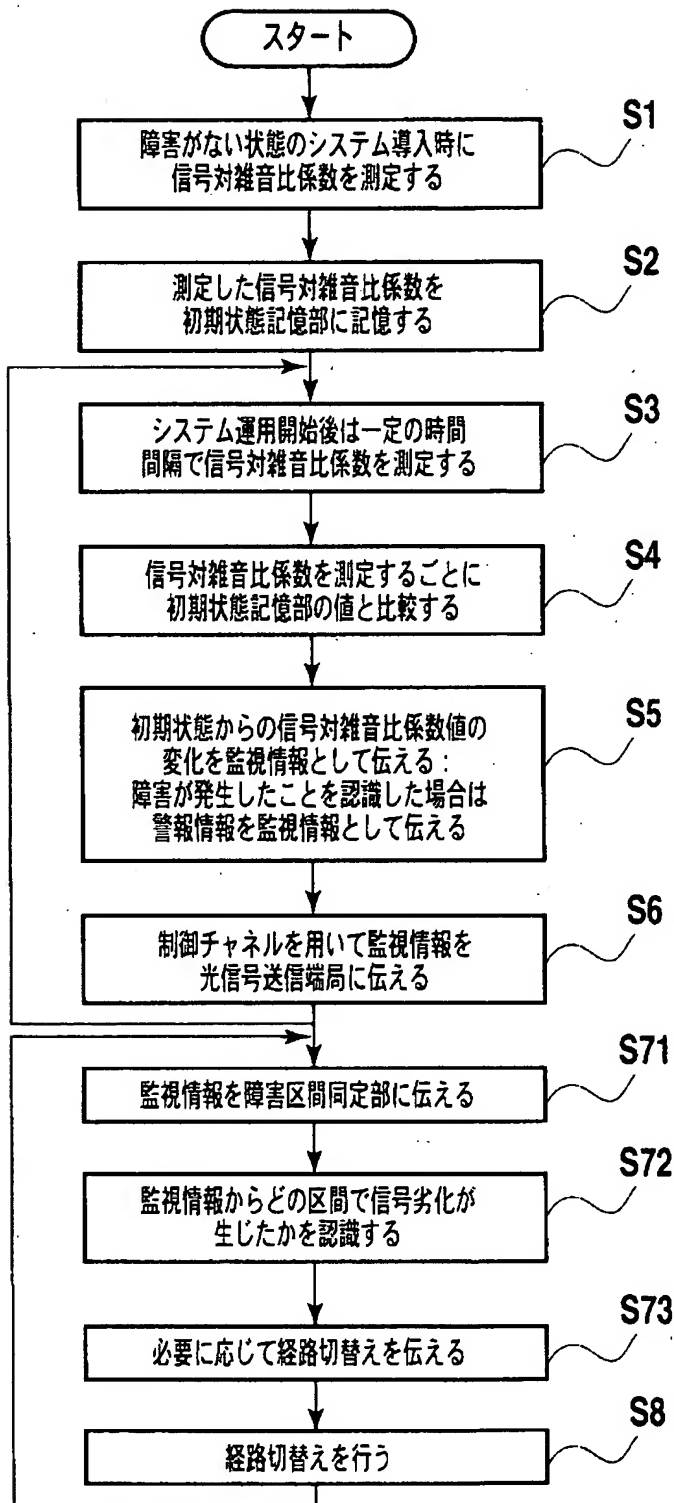
【図24】



【図25】

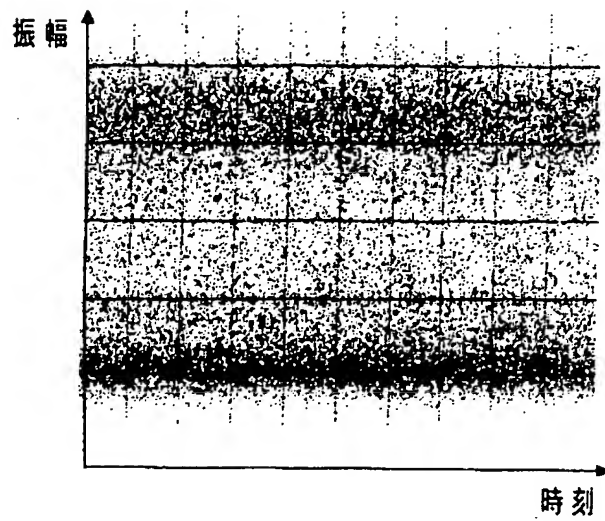


【図 2 6】

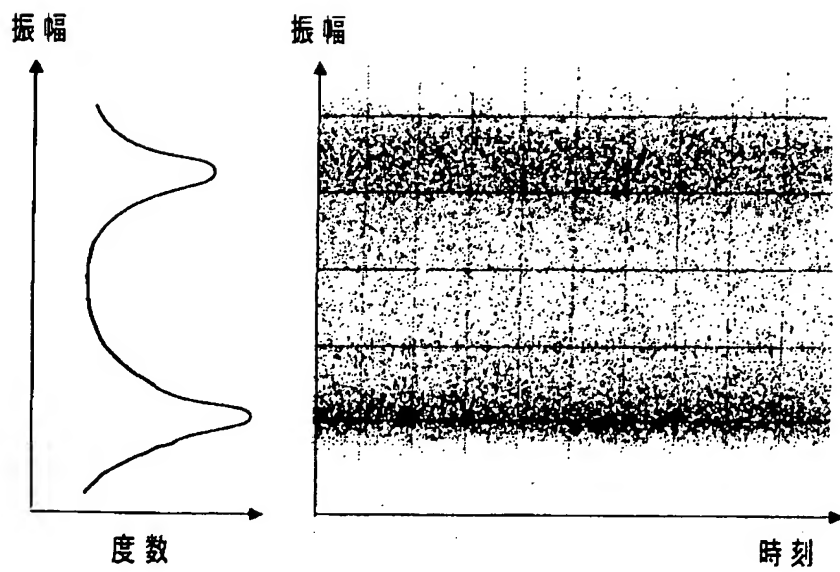


【图 2 7】

(A)

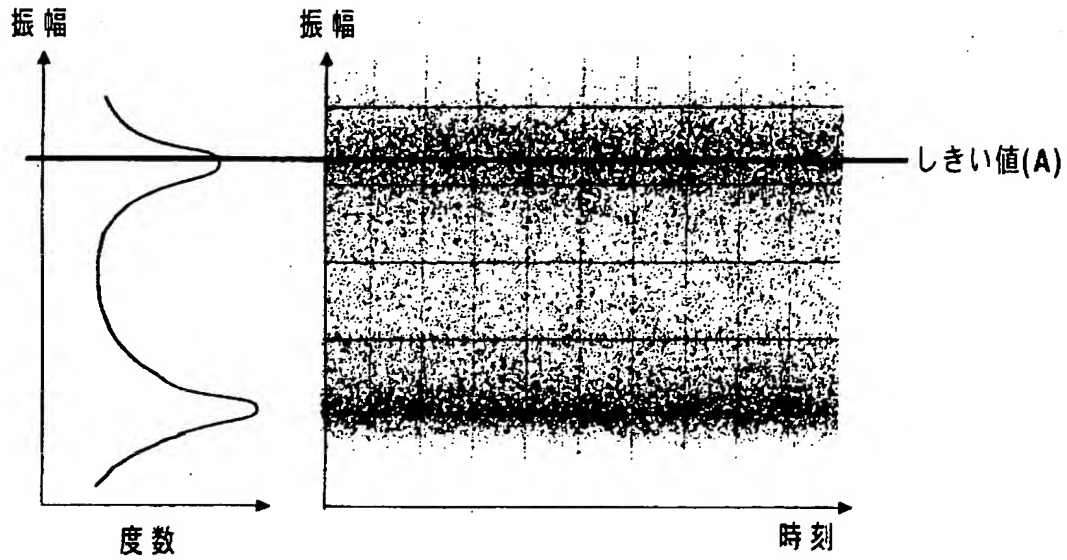


(B)

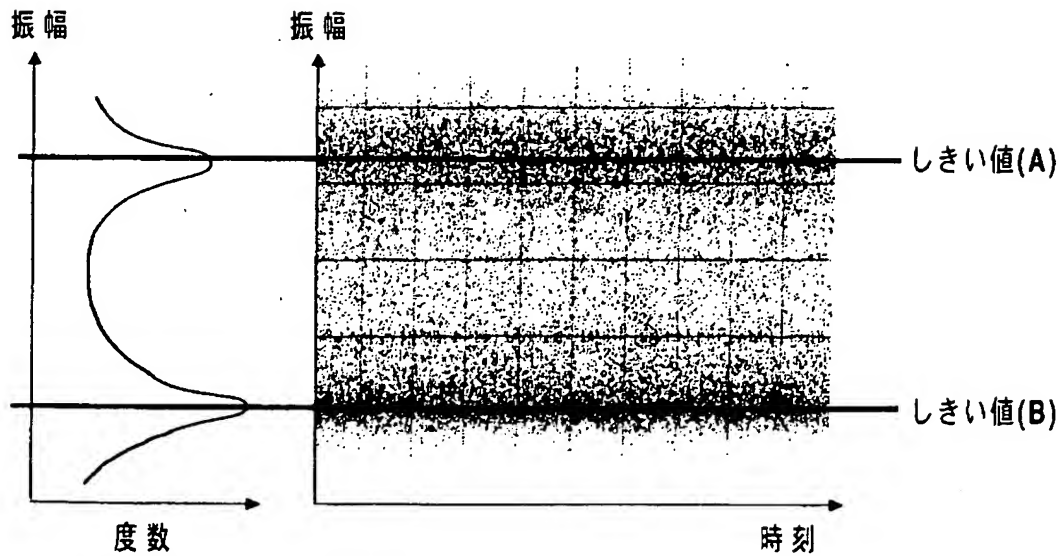


【図 2 8】

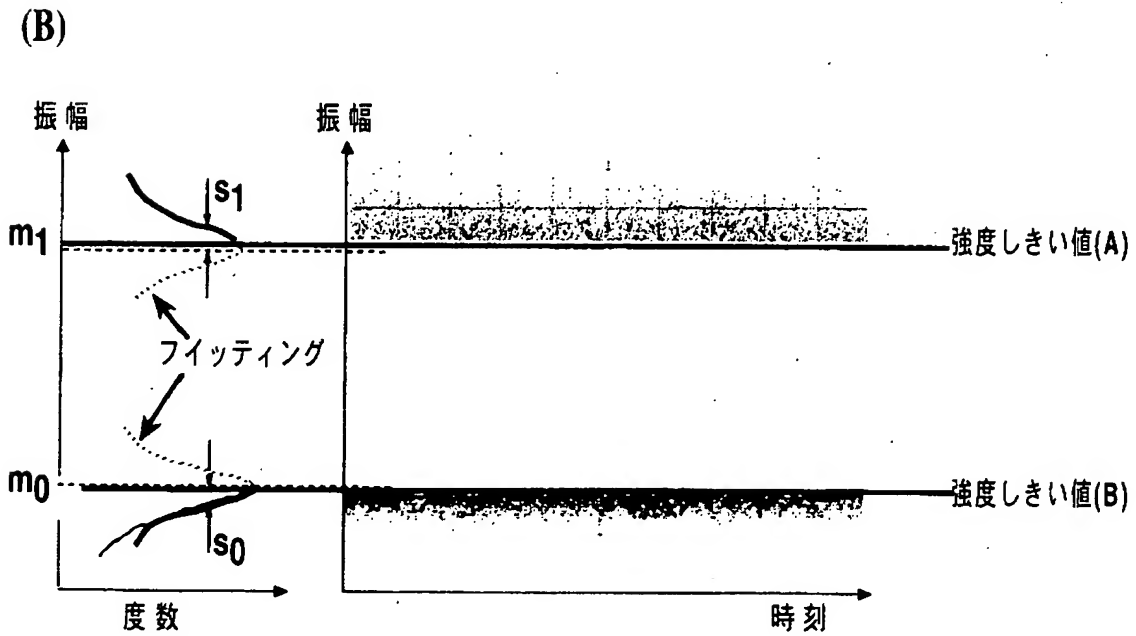
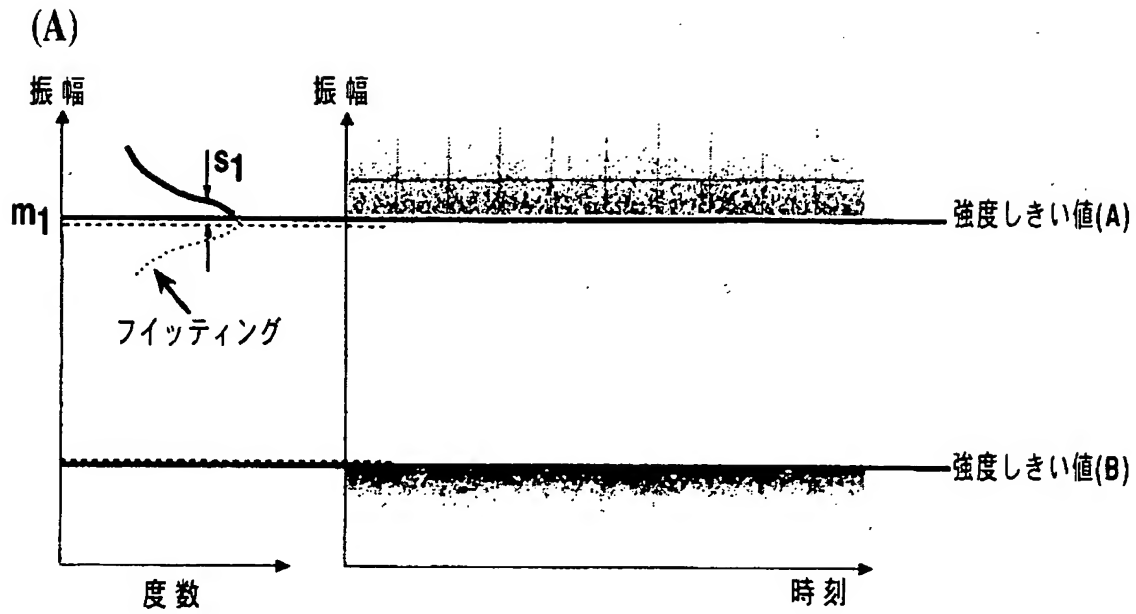
(A)



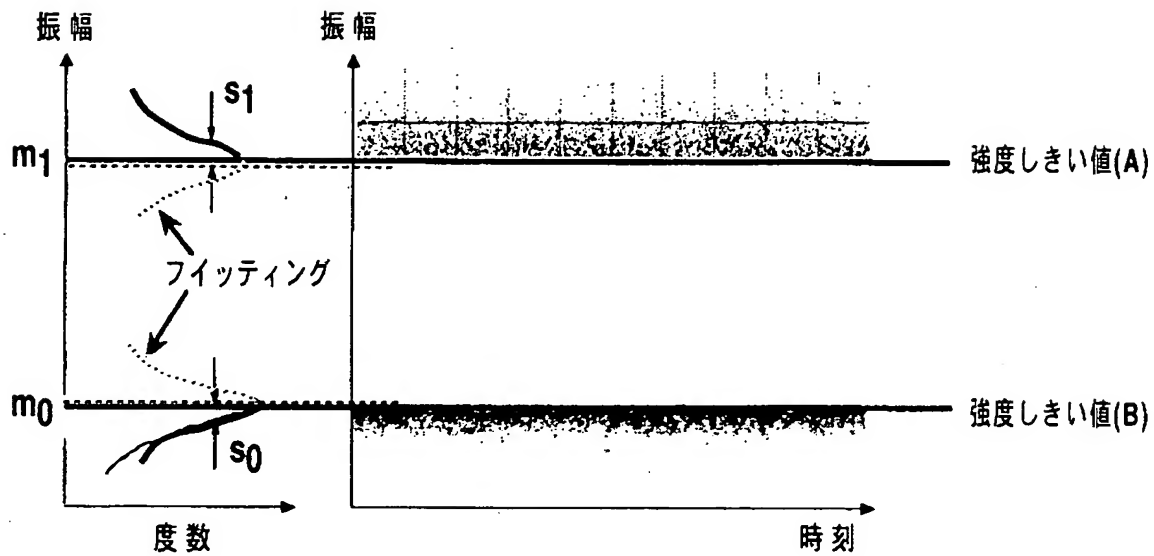
(B)



【図 2 9】



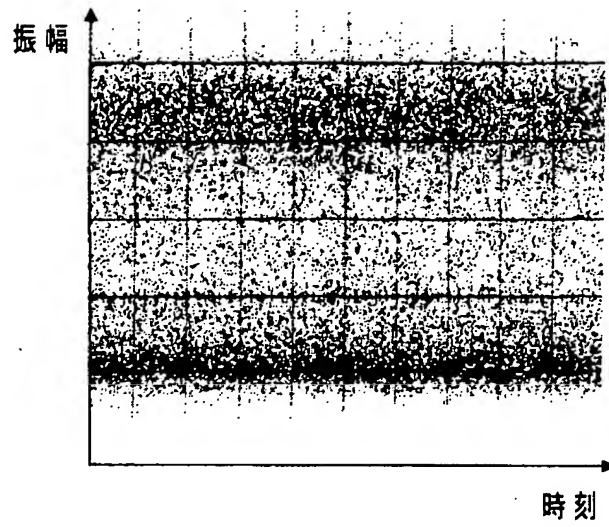
【図 3 0】



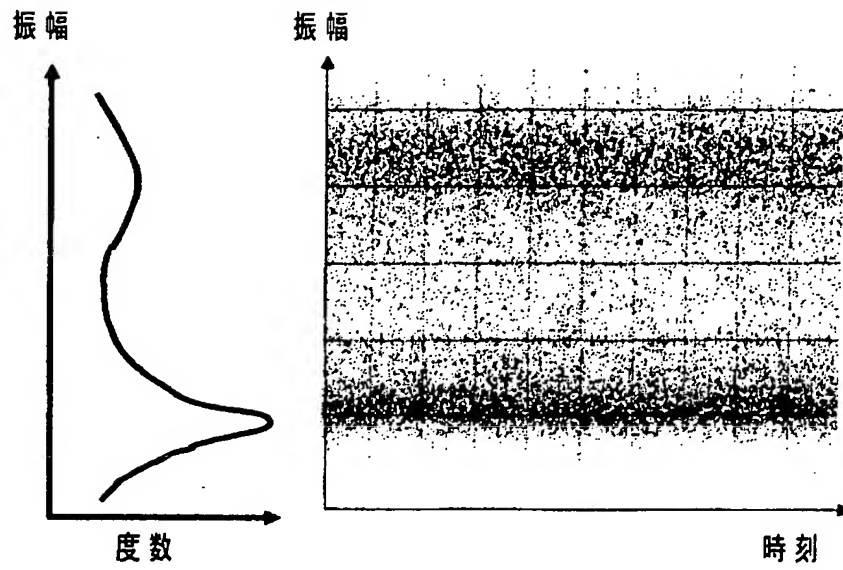
$$Q = |m_1 - m_0| / (s_1 + s_0)$$

【図 3 1】

(A)

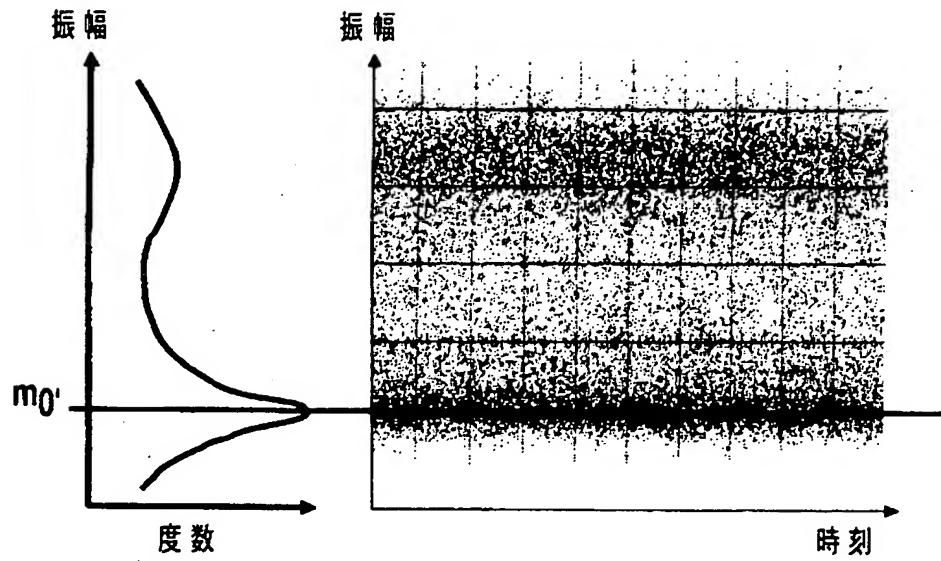


(B)

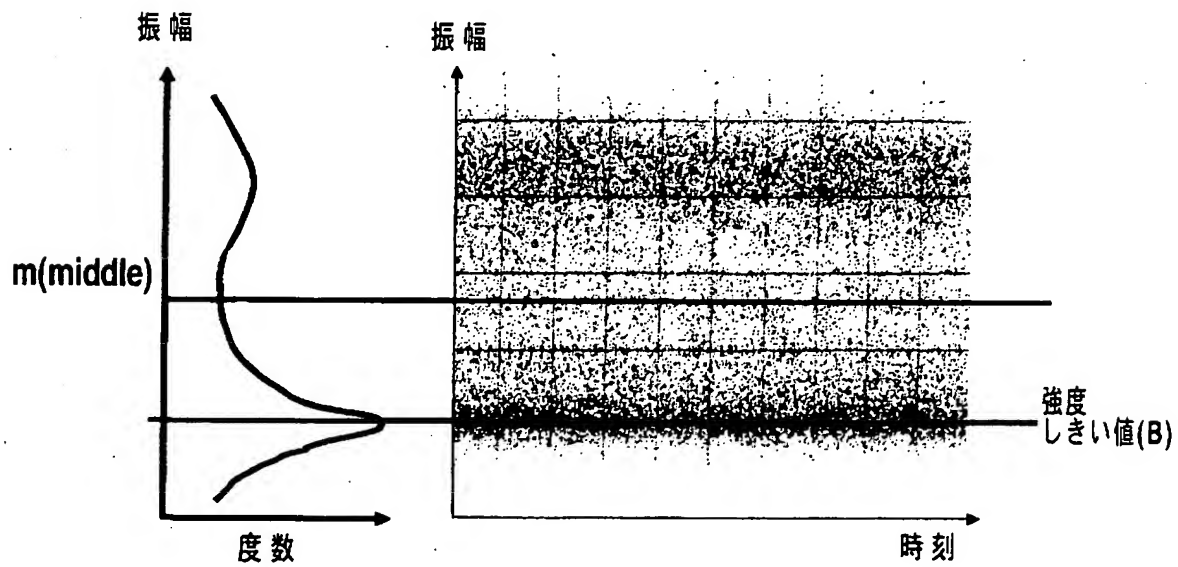


【図 3 2】

(A)

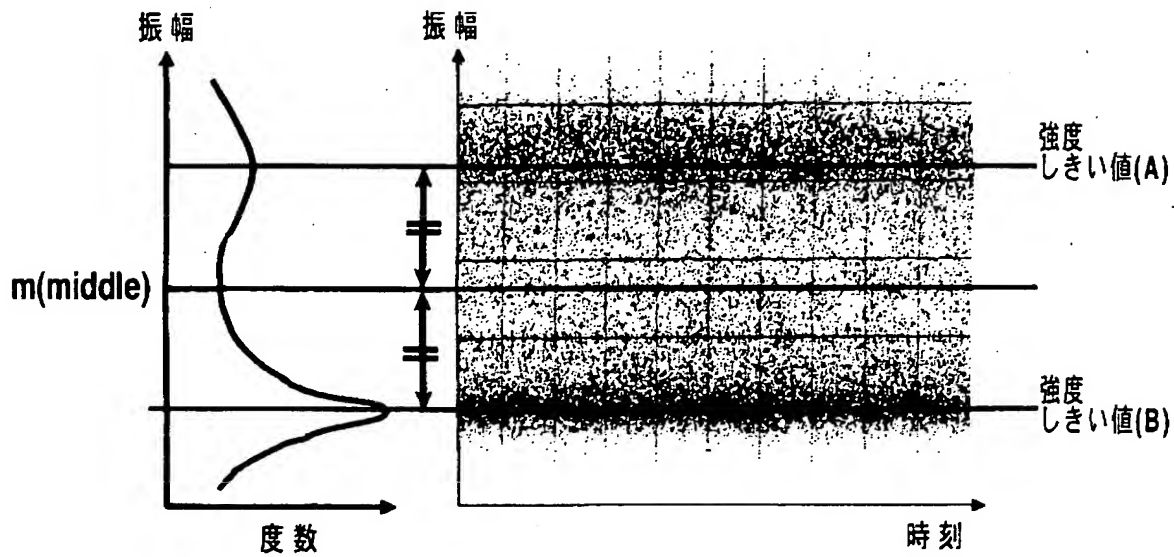


(B)

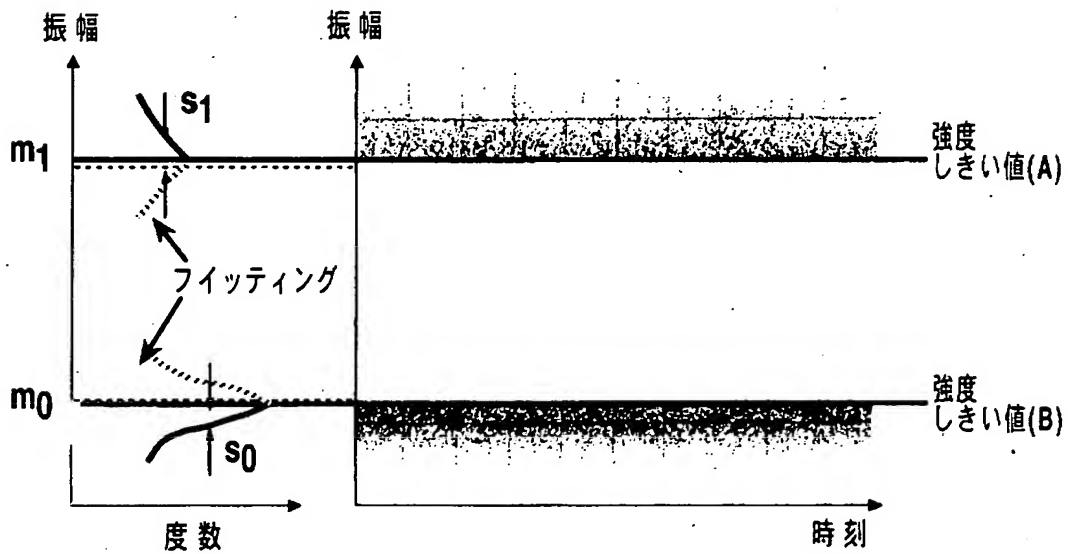


【図 3 3】

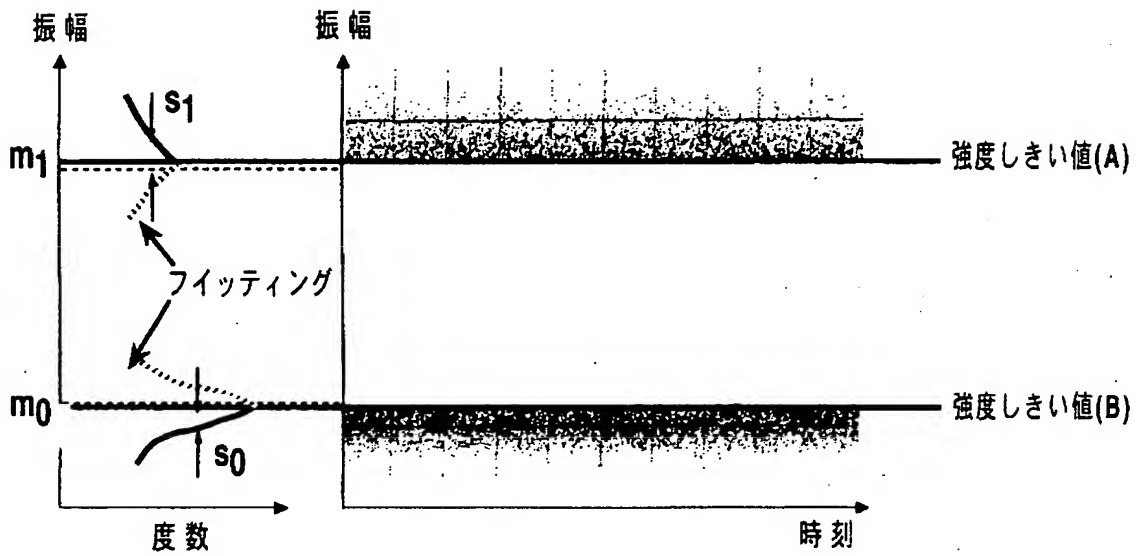
(A)



(B)



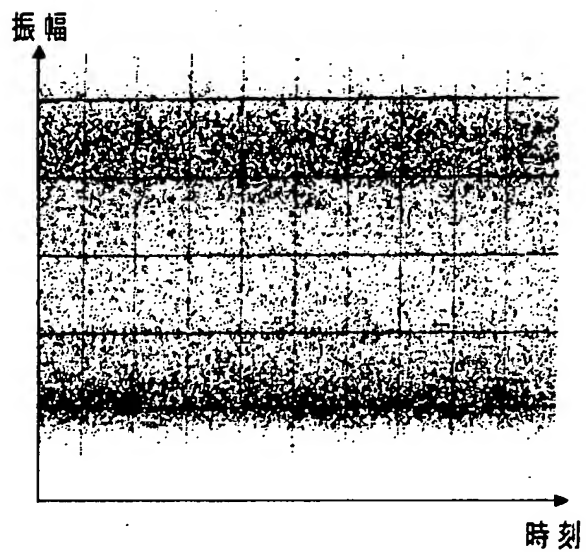
【図 3 4】



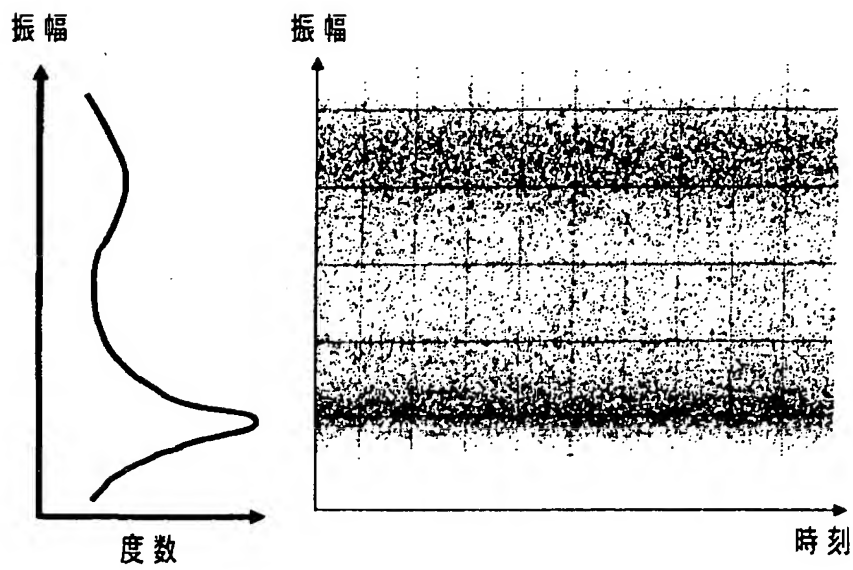
$$Q = |m_1 - m_0| / (s_1 + s_0)$$

【図 3 5】

(A)

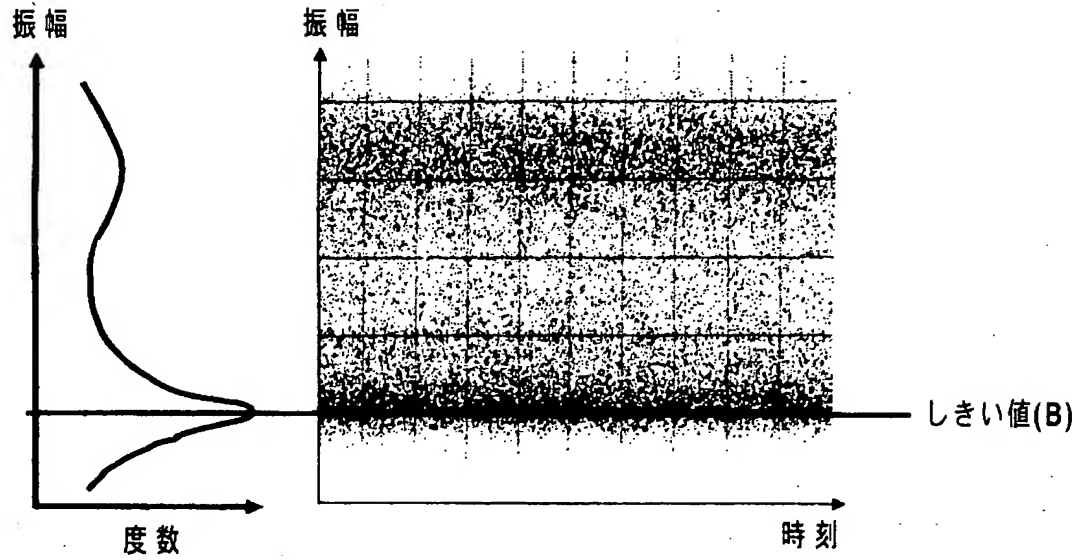


(B)

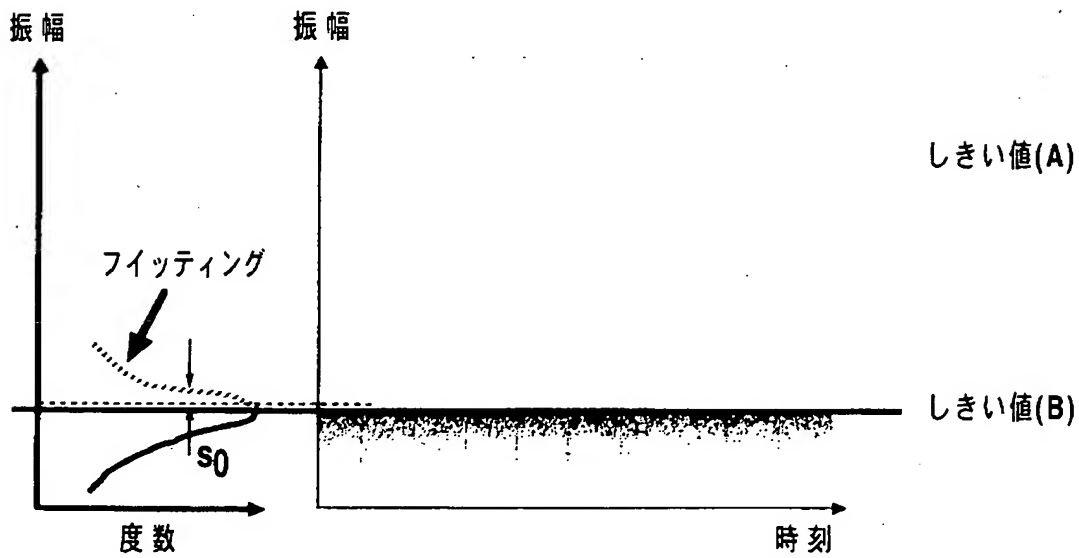


【図 3.6】

(A)

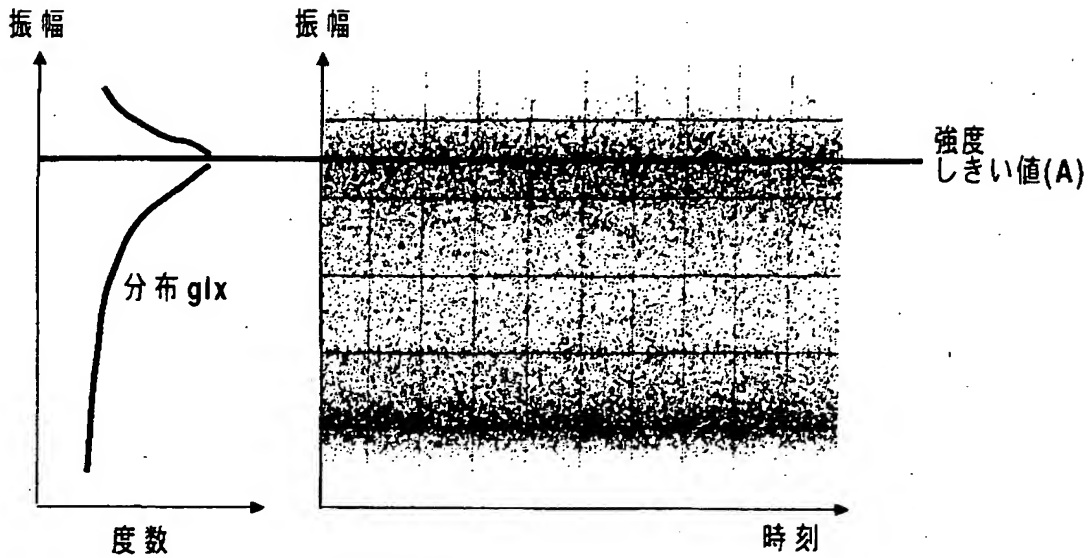


(B)

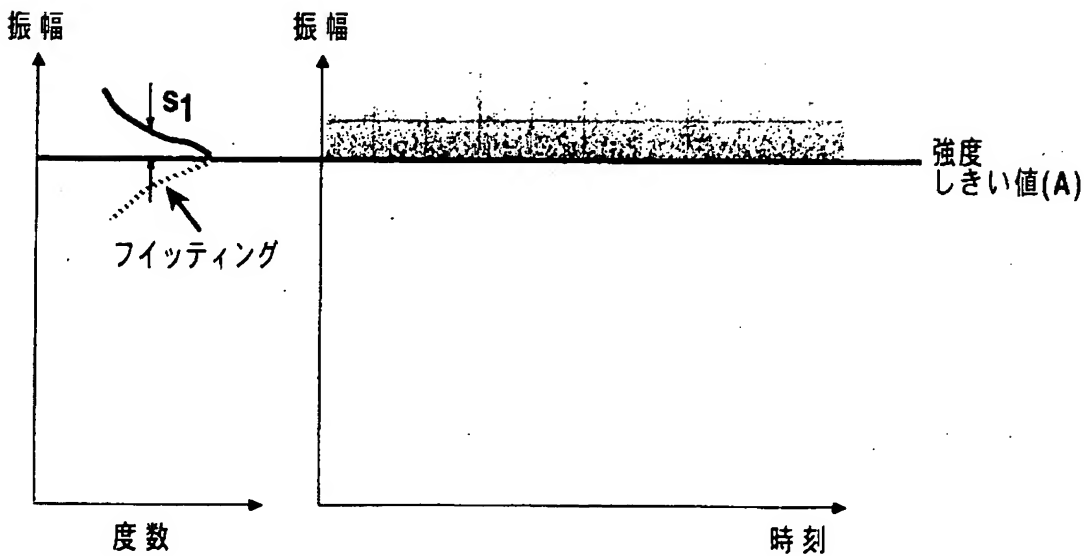


【図 3 7】

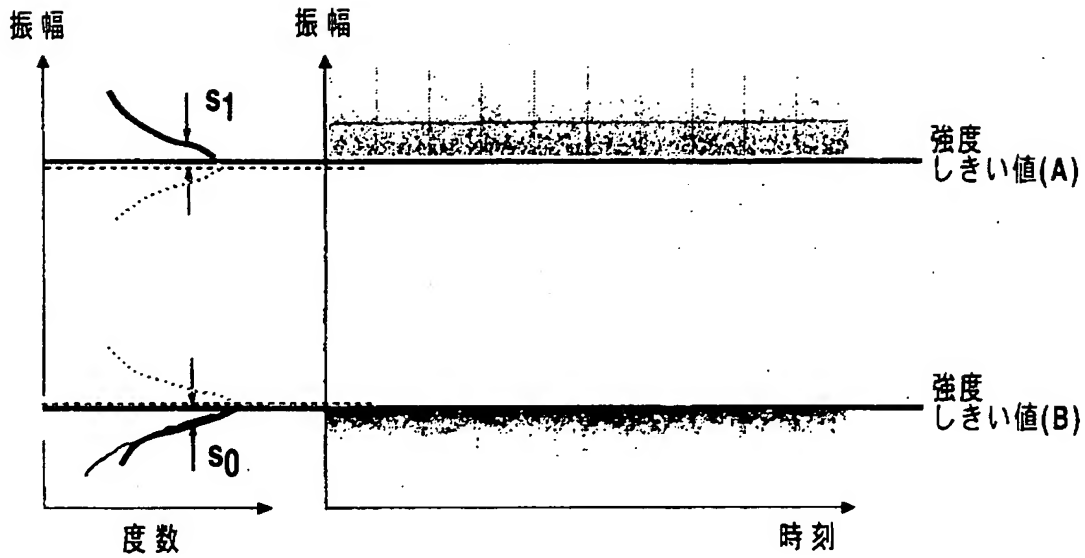
(A)



(B)



【図 3 8】



$$Q = |m_1 - m_0| / (s_1 + s_0)$$

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光波長分解多重信号の光信号品質劣化監視を行うシステムの小型化の実現。

【解決手段】 光波長分割多重信号の光信号品質劣化を監視する場合でも、装置構成をできるだけ簡易するために、光波長分割分離部 1 1 とサンプリングクロック発生部 1 7 を用いて電気信号処理を1つにする構成や、サンプリング光パルス列発生部、光合波部、非線形光学媒質、光波長分割分離部を用いて電気信号処理を1つにする構成や、あるいは選択波長制御部、光波長選択部、サンプリングクロック発生部を用いて電気信号処理を1つにする構成にしている。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004226]

1. 変更年月日 1999年 7月15日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
氏 名 日本電信電話株式会社